

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

механико-математический факультет



Рабочая программа дисциплины

АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Направление подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки

***Математическое и информационное обеспечение
экономической деятельности***

Квалификация (степень) выпускника

Магистр

Форма обучения

очная

Саратов
2016

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Анализ временных рядов» являются:

- знакомство учащихся с понятиями, фактами и методами, составляющими теоретические основы анализа случайных процессов, методов анализа временных рядов;
- получение обучающимися знаний теории вероятностей и математической статистике, по непараметрическим, параметрическим методам анализа временных рядов, методам анализа многокомпонентных случайных временных рядов, необходимых для понимания и решения математических и прикладных задач;
- знакомство учащихся с математическим аппаратом и выработка способности его использования в профессиональной и исследовательской деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Анализ временных рядов» является дисциплиной по выбору вариативной части и относится к дисциплинам по выбору..

Для освоения дисциплины «Анализ временных рядов» необходимы знания, умения и навыки, полученные при изучении основного курса математического анализа, функционального анализа, теории вероятностей и математической статистики.

Освоение дисциплины «Анализ временных рядов» является основанием для дальнейшего изучения таких дисциплин, как «Непрерывные математические модели», «Дискретные математические модели», «Прикладной функциональный анализ», а также для подготовки выпускной квалификационной работы магистра.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.

В результате освоения дисциплины «Анализ временных рядов» у обучающегося частично формируются следующие компетенции:

способностью использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики (ОПК-4);

способностью разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач (ПК-2);

В результате освоения дисциплины «Анализ временных рядов» обучающийся должен:

•**знать:** основы теории анализа временных рядов, теории случайных процессов, основы функционального анализа и математической физики;

•**уметь:** применять методы теории случайных процессов, анализа временных рядов, анализа Фурье, математического и функционального анализа, математической физики для решения математических и прикладных задач.

•владеть: методами анализа временных рядов, методами статистики случайных процессов, математической физики для решения математических и прикладных задач.

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов, в том числе: аудиторных – 38 часов, самостоятельной работы студента – 34 часа.

Дисциплина преподается во 2-м семестре.

Формы текущего контроля успеваемости: решение задач, устный блиц-опрос, контрольная работа.

Формы промежуточной аттестации: экзамен во 2-м семестре.

№ п/п		С е м е с т р	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	КСР	
1.	Случайный процесс и временной ряд. Выбор класса моделей. Основные задачи статистики случайных процессов. Задачи наилучшей линейной оценки. Предварительная обработка данных	2	1-2	2	2	5		опрос, проверка домашнего задания
2.	Оценка среднего по непрерывным данным. Свойства среднеинтегральной оценки. Оценка среднего по дискретизированным данным. Постановка задачи определения оценок корреляционных функций	2	3-4	2	2	5	1	опрос, проверка домашнего задания
3.	Дисперсия оценки АКФ. Оценка автокорреляционной последовательности. Оценка взаимной корреляционной функции. Оценка корреляционных последовательностей с помощью быстрого преобразования Фурье.	2	5-6	2	2	4	1	опрос, проверка домашнего задания

4.	Математическое ожидание оценки СПМ. Дисперсия оценки СПМ. Периодограммная оценка СПМ. Коррелограммный метод оценки СПМ. Оценка СПМ процессов с дискретным временем	2	7-8	2	2	4	1	опрос, проверка домашнего задания
5.	Модели стационарного СВР. АР-модели временных рядов.	2	9-10	2	2	4	1	опрос, проверка домашнего задания
6.	Алгоритмы блочной обработки АР-процессов.	2	11-12	2	2	4	1	опрос, проверка домашнего задания
7.	Вывод алгоритма РНК. Алгоритм РНК с экспоненциальным взвешиванием. Дисперсия ошибки предсказания РНК-алгоритма. Вычислительные аспекты алгоритма РНК	2	13-14	2	2	4		опрос, проверка домашнего задания
8.	Оценивание частот спектра стационарного СВР. Метод гармонического разложения Писаренко. Функции оценок частоты. Выбор порядка модели. Сингулярный анализ многокомпонентных СВР	2	15-16	2	2	4	1	опрос, проверка домашнего задания контрольная работа
Итого за 2 семестр				16	16	34	6	Экзамен

Содержание дисциплины

Раздел 1. Непараметрические методы анализа случайных процессов и временных рядов

1.1. Основные понятия теории и статистики СП. Случайный процесс и временной ряд. Выбор класса моделей. Основные задачи статистики случайных процессов. Задачи наилучшей линейной оценки. Предварительная обработка данных.

1.2. Оценка среднего стационарного случайного процесса. Оценка среднего по непрерывным данным. Свойства среднеинтегральной оценки. Оценка среднего по дискретизированным данным.

1.3. Оценка корреляционных функций. Постановка задачи определения оценок корреляционных функций. Дисперсия оценки АКФ. Оценка автокорреляционной последовательности. Оценка взаимной корреляционной функции. Оценка корреляционных последовательностей с помощью быстрого преобразования Фурье.

1.4. Методы оценивания спектральной плотности мощности (СПМ). Математическое ожидание оценки СПМ. Дисперсия оценки СПМ. Периодограммная оценка СПМ. Коррелограммный метод оценки СПМ. Оценка СПМ процессов с дискретным временем.

Раздел 2. Параметрические методы анализа временных рядов

2.1. Модели стационарного случайного временного ряда. Авторегрессионные (АР) модели временных рядов.

2.2. Алгоритмы блочной обработки АР-процессов.

2.3. Алгоритмы обработки последовательности данных. Вывод алгоритма РНК. Алгоритм РНК с экспоненциальным взвешиванием. Дисперсия ошибки предсказания РНК-алгоритма. Вычислительные аспекты алгоритма РНК

Раздел 3. Анализ многокомпонентных случайных временных рядов

3.1. Сингулярный анализ временных рядов. Оценивание частот спектра стационарного СВР. Метод гармонического разложения Писаренко. Функции оценок частоты. Выбор порядка модели. Сингулярный анализ многокомпонентных СВР.

План практических занятий

Задачи для практических занятий указываются в скобках из задачников, приведенных в основном или дополнительных списках литературы в п.7.

2 семестр

- Скалярное произведение векторов, свойства нормы вектора, свойства математического ожидания, дисперсии ([За], №№ 1-6 с. 370) – 2 часа;
- оценки характеристик СП: оценка среднего по непрерывным данным, свойства среднеинтегральной оценки, оценка среднего по дискретизированным данным, определение состоятельности и эффективности оценки среднего ([За], №№ 1-8 сс. 377-378) – 2 часа;
- оценки автокорреляционной функции (АКФ), автокорреляционной последовательности (АКП), дисперсия оценки АКФ, оценка взаимной корреляционной функции ([За], №№ 1-5 с. 392) – 2 часа;
- оценка спектральной плотности мощности (СПМ): математическое ожидание оценки СПМ, дисперсия оценки СПМ, периодограммная оценка СПМ, ([За], №№ 1-8 с. 416) – 2 часа;
- случайные временные ряды (СВР), авторегрессионные процессы (АР-процессы), функции фильтра, частотные характеристики, корреляционная матрица ([За], №№ 1-10, сс. 428-429) – 2 часа;
- оценка параметров АР-процесса методом наименьших квадратов, методом Юла-Уолкера ([За], №№ 1-17, сс. 440-441) – 2 часа;
- алгоритм рекурсивных наименьших квадратов и его свойства ([За], №№ 1-8, сс. 449-450) – 2 часа;
- оценивание частот спектра стационарного СВР, функции оценок частоты, оценка порядка модели ([За], №№ 1-4, сс. 473-474) – 2 часа;
- контрольная работа – 2 часа.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В учебном процессе предусмотрено использование активных и интерактивных форм проведения занятий: мозговой штурм, метод Делфи – метод поиска быстрых решений в группе, разбор конкретных ситуаций, обсуждение возможностей практического применения получаемых знаний и навыков, мастер-класс. Процент занятий, проводимых в интерактивной форме составляет 25% от времени, отпущенного на практические занятия. Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, работа над проектами) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Эффективность применения интерактивных форм обучения обеспечивается реализацией следующих условий:

- создание диалогического пространства в организации учебного процесса;
- использование принципов социально – психологического обучения в учебной и внеучебной деятельности;
- мониторинг личностных особенностей и профессиональной направленности студентов;
- формирование психологической готовности преподавателей к использованию интерактивных форм обучения, направленных на развитие внутренней активности студентов;

Использование интерактивных форм и методов обучения направлено на достижение ряда важнейших образовательных целей:

- стимулирование мотивации и интереса в области анализа сложных систем и обработки данных и в общеобразовательном, общекультурном и профессиональном плане;
- повышение уровня активности и самостоятельности обучаемых;
- развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, коммуникации;
- саморазвитие и развитие обучаемых благодаря активизации мыслительной деятельности и диалогическому взаимодействию с преподавателем и другими участниками образовательного процесса.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 30 % аудиторных занятий

В рамках учебного курса предусмотрены встречи с представителями научных организаций и представителями различных научных школ.

Особенности проведения занятий для граждан с ОВЗ

При обучении лиц с ограниченными возможностями используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации учебного процесса и контроля знаний:

-для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости студентам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию студентов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации учебного процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все студенты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

В рамках учебного курса предусмотрены встречи с представителями научных организаций и представителями различных научных школ.

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

При изучении дисциплины «Анализ временных рядов» предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающихся:

- разбор теоретического материала по конспектам лекций и пособиям;
- самостоятельное изучение указанных теоретических вопросов, в частности, самостоятельное доказательство теорем (если уже известны аналогичные доказательства других теорем);
- решение задач по темам практических занятий;
- выполнение домашнего задания после каждого практического занятия;
- подготовка к контрольным работам (ниже приводятся образцы заданий контрольных работ);
- подготовка к экзамену.

К основным учебно-методическим средствам обеспечения самостоятельной работы студентов относятся ресурсы научной библиотеки СГУ, электронные учебно-методические пособия, представленные на сайте СГУ и другие.

Примеры контрольных заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Контрольная работа №1

Вариант №1

1. Если в гильбертовом пространстве определена норма как скалярное произведение двух сечений СП, доказать, что такое определение нормы удовлетворяет обычным требованиям нормы.

2. Исследуемый процесс является кусочно-линейным на интервале дискретизации. Нужна ли в этом случае предварительная фильтрация?

3. Влечет ли за собой непрерывность СП в среднеквадратичном непрерывность его реализаций?

4. ВКП оценивается по паре реализаций ВР, каждая из которых содержит $N=8096$ отсчетов. Определить коэффициент ускорения вычислений, соответствующий прямому алгоритму и алгоритму с использованием БПФ при максимальном сдвиге $L=256$.

Вариант №2

1. Показать, что СПМ сигнала, определенная своей формулой, является а) вещественной, б) неотрицательной для всех значений аргумента, в) четной.

2. Дано прямоугольное окно для n от 0 до $L-1$. Доказать, что автокорреляционная последовательность этого окна будет четным треугольным окном длиной $2L+1$.

3. Покажите, что корреляционная матрица является эрмитовой матрицей.

4. Объясните сходства и различия между АР-моделью, моделью предсказания вперед и КИХ-фильтром.

Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса и консультирования студентов, его основными формами являются:

- обсуждение вынесенных в план самостоятельной работы вопросов и задач;
- решение на практических занятиях задач и их обсуждение;
- выполнение контрольных работ и обсуждение результатов;
- участие в дискуссии по проблемным темам дисциплины и оценка качества анализа проведённой аналитической и исследовательской работы.

Формой промежуточной аттестации является экзамен. Экзамен проводится в устной форме в виде ответов на вопросы билета и два дополнительных вопроса из перечня вопросов к промежуточной аттестации. Билет содержит три вопроса из перечня вопросов к промежуточной аттестации.

Перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

1. Случайный процесс и временной ряд.
2. Семейство случайных величин, ансамбль реализаций.
3. Автокорреляционная функция, взаимная корреляционная функция.
4. Основные виды СП.
5. Основные задачи статистики СП.
6. Оценки параметров распределения СП.
7. Тренды, возмущения.
8. Оценка среднего стационарного СП, среднеинтегральная оценка, оценка по дискретизированным данным.
9. Задача определения оценок корреляционных функций.
10. Погрешности корреляционных измерений. Коэффициент изменчивости оценки.
11. Автокорреляционная последовательность, интервальная оценка.
12. Быстрое преобразование Фурье.
13. Спектральная плотность мощности, характеристики, оценки.
14. Стационарные временные ряды, авторегрессия скользящего среднего.
15. АР-модели, свойства.
16. Автокорреляционная последовательность АР-процесса.
17. Спектральная плотность мощности АР-процесса.
18. Оценка параметров АР-процесса методом Юла-Уолкера.
19. Оценка параметров АР-процесса методом наименьших квадратов.
20. Порядок модели, выбор порядка модели.
21. Алгоритм рекурсивных наименьших квадратов (РНК).
22. Алгоритм РНК с экспоненциальным взвешиванием.
23. Дисперсия ошибки предсказания РНК-алгоритма.
24. Вычислительные аспекты алгоритма РНК.

25. Оценивание частот спектра стационарного СВР.
26. Функции оценок частоты.
27. Метод гармонического разложения Писаренко.
28. Сингулярный анализ многокомпонентных СВР.
29. Ганкелева матрица.
30. Неравенство Крамера-Рао.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Баллы по соответствующим видам учебной деятельности заносятся в столбцы 2–7, для результатов промежуточной аттестации предусмотрен столбец 8.

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
2	5	0	15	10	0	30	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

Лекции

Посещаемость, активность; количество баллов (за один семестр) – от 0 до 5.

Критерии оценки:

- не более 50 % от числа занятий в семестре – 0 баллов,
- от 51% до 60% – 1балл;
- от 61% до 70% – 2 балла;
- от 71% до 80% – 3 балла;
- от 81% до 90% – 4балла;
- не менее 91% занятий – 5 баллов.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия

Посещаемость, активность; количество баллов (за один семестр) – от 0 до 15.

Критерий оценки:

при освоении студентом практической части дисциплины на «отлично» – 15 баллов, «хорошо» – 10 баллов, «удовлетворительно» – 5 баллов; «неудовлетворительно» – 0 баллов.

Самостоятельная работа

Выполнение домашних заданий; количество баллов (за один семестр) – от 0 до 10.

Критерий оценки:

- при полностью правильном и своевременном выполнении студентом домашних заданий – 10 баллов;

- при частично правильном выполнении (правильно выполненных заданий – не менее 70%) – 5 баллов;
- в остальных случаях – 0 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрены.

Другие виды учебной деятельности

Опрос, контрольная работа; количество баллов (за один семестр) – от 0 до 30 баллов.

Критерий оценки:

- при полностью правильном и своевременном выполнении студентом заданий – 30 баллов;
- при частично правильном выполнении (правильно выполненных заданий – не менее 70%) – 20 баллов;
- в остальных случаях – 0 баллов.

Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации в семестре – экзамен; количество баллов – от 0 до 40 баллов.

Экзамен проводится в устной форме в виде ответов на вопросы билета и два дополнительных вопроса из перечня вопросов к промежуточной аттестации. Билет содержит три вопроса из перечня вопросов к промежуточной аттестации.

Критерий оценки ответа на каждый вопрос при проведении промежуточной аттестации:

- на вопрос дан правильный, полный, развернутый ответ (допускаются незначительные погрешности) – 8 баллов;
- на вопрос дан правильный, но неполный ответ (например, при доказательстве теоремы, изложении метода отсутствуют отдельные логические шаги; допущена ошибка при вычислении; имеются другие неточности) – 6-7 баллов;
- на вопрос дан краткий ответ, содержащий только верно сформулированные факты (допускаются незначительные погрешности) – 5 баллов;
- в остальных случаях – 0 баллов.

Максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Анализ временных рядов» составляет 100 баллов.

Таблица 2. Пересчет полученной студентом итоговой суммы баллов за семестр по дисциплине «Анализ временных работ» в оценку:

Итоговая сумма баллов	Оценка по дисциплине
0 – 60	неудовлетворительно
61 – 75	удовлетворительно

76 – 89	хорошо
90 – 100	отлично

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Афанасьев В. Н., Юзбашев М. М. Анализ временных рядов и прогнозирование: Учебник 2-е изд./Финансы и статистика; 2010 г. 320 с. ЭБС IPRbooks ✓

б) дополнительная литература:

1) Люу Ю.-Д. Методы и алгоритмы финансовой математики / Ю.-Д. Люу; пер. с англ. Жуленёва. – М.: Бином, 2007. ✓

2) Новиков, А. И. Эконометрика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Новиков А. И. - Москва : Дашков и К, 2013. - 224 с. - ISBN 978-5-394-01683-7 Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks ✓

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://lib.mexmat.ru>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Освоение данной дисциплины не требует специальных средств.

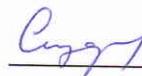
Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» и профилю «Математическое и информационное обеспечение экономической деятельности».

Автор: доцент кафедры ТФиСА М.Г. Плешаков. 

Программа разработана в 2014 году (одобрена на заседании кафедры теории функций и приближений от 25 сентября 2014 года, протокол № 2).

Программа актуализирована в 2016 году на заседании кафедры теории функций и стохастического анализа, протокол № 2 от 6 сентября 2016 г.

Зав. кафедрой ТФиСА



С. П. Сидоров

Декан механико-математического ф-та



А. М. Захаров