

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Директор**

**А.В. Малеев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Прикладная статистика и анализ временных рядов
<b>по направлению:</b>	Программная инженерия
<b>профиль подготовки:</b>	Разработка программно-информационных систем высшая школа программной инженерии высшая школа программной инженерии
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 5 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 48 час.

Всего часов: 108, всего зач. ед.: 3

Программу составил: Д.С. Сабурин, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании высшей школы программной инженерии 14.03.2025

## Аннотация

Курс посвящен анализу временных рядов, уделяя основное внимание методам моделирования и прогнозирования с помощью как статистических, так и основанных на машинном обучении методов. Освещаются основные типы моделей временных рядов, такие как AR, MA, ARMA и ARIMA, а также более сложные подходы, включая векторные авторегрессии (VAR). Курс также охватывает методы проверки стационарности, различные техники сглаживания и декомпозиции временных рядов. Особое внимание уделяется практическому применению рассматриваемых методов для создания эффективных прогностических моделей. Курс предполагает наличие базовых знаний в области статистики и программирования.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- познакомить с основными свойствами временных рядов и случайных процессов;
- предоставить практический опыт использования статистических методов для анализа временных рядов;
- развить навыки применения современных подходов для прогнозирования временных рядов.

### Задачи дисциплины

- научить студентов оценивать свойства временных рядов (стационарность, периодичность и пр.);
- предоставить набор методов для прогнозирования временных рядов с учетом их свойств;
- обеспечить существенный опыт работы с временными рядами.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
ОПК-6 Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического использования, применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов	ОПК-6.2 Умеет применять языки программирования для решения прикладных задач
	ОПК-6.3 Знает методы тестирования программного кода на ошибки и способен проводить тестирование на различных уровнях (модульное, интеграционное, системное)
	ОПК-6.4 Имеет навыки программирования и тестирования программных продуктов
ОПК-8 Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных	ОПК-8.1 Понимает принципы, по которым работают базы данных, и умеет создавать структуру данных, оптимизированную для эффективного хранения и обработки информации
	ОПК-8.2 Умеет применять технологии машинного обучения в различных прикладных областях

использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	ОПК-8.3 Умеет оптимизировать и проводить рефакторинг существующего кода для улучшения производительности и поддержки
ПК-3 Способен проектировать, разрабатывать, интегрировать, проверять на работоспособность программное обеспечение	ПК-3.1 Различает синтаксис языков программирования, особенности программирования на этих языках, стандартные библиотеки языков программирования
	ПК-3.2 Умеет выбирать языки программирования для написания программного кода с учетом технического задания
	ПК-3.3 Умеет излагать основные принципы построения и виды архитектуры программного обеспечения, методы и средства проектирования программного обеспечения, методологии разработки программного обеспечения и технологии программирования
ПК-5 Способен проектировать, разрабатывать, внедрять, сопровождать и снимать с эксплуатации информационные системы	ПК-5.1 Умеет описывать архитектуру, устройство и функционирование информационных систем
	ПК-5.2 Умеет определять оптимальные методы и инструменты разработки, внедрения и адаптации прикладного программного обеспечения информационных систем
	ПК-5.3 Умеет разрабатывать прототип информационных систем в соответствии с требованиями и проводить его тестирование для проверки корректности архитектурных решений
	ПК-5.4 Имеет практический опыт разработки, внедрения и адаптации прикладного программного обеспечения информационных систем в различных программных средах

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- постановку задач классификации и регрессии на основе временных данных;
- методы решения этих задач.

уметь:

- формулировать подходящие критерии качества для указанных выше задач;
- реализовывать решение на основе статистических или основанных на машинном обучении методов с учетом ограничений на сложность.

владеть:

- основными программными системами для работы с временными рядами вместе с другими инструментами анализа данных.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Основы прикладной статистики и анализа данных	4	4		8
2	Основные методы анализа временных рядов	8	8		12

3	Модели временных рядов: классические и современные подходы	6	6		10
4	Прогнозирование и оценка качества моделей	6	6		8
5	Инструменты и библиотеки для анализа данных	6	6		10
Итого часов		30	30		48
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		108 час., 3 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 5 (Осенний)

##### 1. Основы прикладной статистики и анализа данных

Введение. Понятие временного ряда.

##### 2. Основные методы анализа временных рядов

Изменение шага временного ряда, сдвиг и скользящее среднее. Построение графиков. Разложение временного ряда на компоненты. Стационарность. Автокорреляция.

##### 3. Модели временных рядов: классические и современные подходы

Экспоненциальное сглаживание. Модели ARIMA.

##### 4. Прогнозирование и оценка качества моделей

Обзор предиктивных интервалов и более сложных моделей, таких как ARCH, VAR и нелинейная авторегрессия. Рассмотрение моделирования структурных изменений и сложных сезонностей с использованием таких инструментов, как Prophet, Neural Pro.

##### 5. Инструменты и библиотеки для анализа данных

Python для анализа временных рядов. Библиотеки Pandas, Statsmodels, Prophet.

#### 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

компьютер, мультимедийное оборудование (проектор).

#### 6.Перечень рекомендуемой литературы

##### Основная литература

1. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы, Электронная версия печатной публикации / В. И. Джиган. — Москва, Техносфера, 2013

Фонд библиотеки МФТИ:

2. Катаргин, Н. В. Анализ временных рядов : учебник для вузов / Н. В. Катаргин, Е. А. Качалина. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 180 с. — ISBN 978-5-507-50162-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/433307>

3. Ганичева, А. В. Прикладная статистика : учебное пособие / А. В. Ганичева. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 172 с. — ISBN 978-5-507-47980-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/336800>

Дополнительная литература

Фонд библиотеки МФТИ:

2. Ярушкина, Н. Г. Интеллектуальный анализ временных рядов : учебное пособие / Н. Г. Ярушкина, Т. В. Афанасьева, И. Г. Перфильева. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2022. — 160 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-8199-0496-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1842559>

Перечень литературы для дополнительного изучения:

Guller, M. (2015). Big Data Analytics with Spark : A Practitioner's Guide to Using Spark for Large Scale Data Analysis. [Berkeley, CA]: Apress. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&site=eds-live&db=edsebk&AN=1174460>

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Не используются

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

не требуется.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Программа курса в разделе «самостоятельная работа» обозначает минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств,
- выполнение домашних заданий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Программная инженерия
<b>профиль подготовки:</b>	Разработка программно-информационных систем высшая школа программной инженерии высшая школа программной инженерии
<b>курс:</b>	<u>3</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 5 (осенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** Д.С. Сабурин, канд. физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
ОПК-6 Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического использования, применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов	ОПК-6.2 Умеет применять языки программирования для решения прикладных задач
	ОПК-6.3 Знает методы тестирования программного кода на ошибки и способен проводить тестирование на различных уровнях (модульное, интеграционное, системное)
	ОПК-6.4 Имеет навыки программирования и тестирования программных продуктов
ОПК-8 Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	ОПК-8.1 Понимает принципы, по которым работают базы данных, и умеет создавать структуру данных, оптимизированную для эффективного хранения и обработки информации
	ОПК-8.2 Умеет применять технологии машинного обучения в различных прикладных областях
	ОПК-8.3 Умеет оптимизировать и проводить рефакторинг существующего кода для улучшения производительности и поддержки
ПК-3 Способен проектировать, разрабатывать, интегрировать, проверять на работоспособность программное обеспечение	ПК-3.1 Различает синтаксис языков программирования, особенности программирования на этих языках, стандартные библиотеки языков программирования
	ПК-3.2 Умеет выбирать языки программирования для написания программного кода с учетом технического задания
	ПК-3.3 Умеет излагать основные принципы построения и виды архитектуры программного обеспечения, методы и средства проектирования программного обеспечения, методологии разработки программного обеспечения и технологии программирования
ПК-5 Способен проектировать, разрабатывать, внедрять, сопровождать и снимать с эксплуатации информационные системы	ПК-5.1 Умеет описывать архитектуру, устройство и функционирование информационных систем
	ПК-5.2 Умеет определять оптимальные методы и инструменты разработки, внедрения и адаптации прикладного программного обеспечения информационных систем
	ПК-5.3 Умеет разрабатывать прототип информационных систем в соответствии с требованиями и проводить его тестирование для проверки корректности архитектурных решений

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Прикладная статистика и анализ временных рядов» обучающийся должен:

### знать:

- постановку задач классификации и регрессии на основе временных данных;
- методы решения этих задач.

### уметь:

- формулировать подходящие критерии качества для указанных выше задач;
- реализовывать решение на основе статистических или основанных на машинном обучении методов с учетом ограничений на сложность.

### владеть:

- основными программными системами для работы с временными рядами вместе с другими инструментами анализа данных.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

1. Слабая и сильная стационарность временных рядов.
2. Определение AR процесса, условия стационарности. АКФ, ее графическое представление.
3. Определение MA процесса, условия стационарности.
4. SARIMAX, базовые элементы, первоначальная оценка гиперпараметров с использованием АКФ, ЧАКФ. Выбор модели.
5. Необходимые и желаемые свойства остатков.
6. Экспоненциальное сглаживание: идея, базовые элементы, выбор модели.
7. Модели ARCH и GARCH. Модель VAR. Кусочно-линейная NLAR. Facebook Prophet.
8. Признаки для машинного обучения. Кросс-валидация для временных рядов.
9. Рекуррентные нейронные сети, преимущества и недостатки. Преимущества и недостатки LSTM.
10. Сверточные нейронные сети для временных рядов, преимущества и недостатки, сравнение с RNN.
11. Механизм внимания. Трансформеры, преимущества и недостатки. Стратегии снижения временной и пространственной сложности механизма внимания. Трансформеры для временных рядов.

## 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Что такое AR процесс, условия стационарности?
2. Дайте определение АКФ и её графическое представление.
3. Какие существуют признаки для машинного обучения?
4. Дайте определение для Кросс-валидации для временных рядов.
5. Как определить необходимые и желаемые свойства остатков?
6. Основные свойства временных рядов.
7. Рекуррентные нейронные сети, их преимущества и недостатки.
8. Что такое Трансформеры?
9. Что такое графическое представление АКФ?
10. Какие существуют виды свойств остатков?



- оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений
- оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений
- оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, и правильное обоснование принятых решений
- оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;
- оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;
- оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал, и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;
- оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;
- оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет фрагментарно основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;
- оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач
- оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, который не знает формулировок основных понятий дисциплины

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Дифференцированный зачет проводится по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий и других видов работ, предусмотренных программой дисциплины и (или) путем организации специального опроса, проводимого в устной и (или) письменной форме.