

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
прикладной математики и  
информатики**

**А.М. Райгородский**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Математические методы прогнозирования
<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Математическое моделирование и компьютерные технологии Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра интеллектуальных систем
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 90 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.М. Самохина, ассистент

Программа обсуждена на заседании кафедры интеллектуальных систем 18.01.2023

## Аннотация

В курсе рассматриваются подходы к обработке сигналов и математические методы в прогнозировании. Рассматриваются понятия: анализ основных характеристик сигнала, прогнозирование временных рядов, авторегрессионные модели, тензорные разложения, разновидности нейронных дифференциальных уравнений и основы геометрических методов в машинном обучении.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Обучить студентов основам анализа временных рядов, показать связь различных областей математического анализа, таких как дифференциальные уравнения, тензорная и геометрическая алгебры с машинным обучением. Сформировать навыки выбора математических подходов к решению различных задач, в том числе к решению задач декодирования сигналов.

#### Задачи дисциплины

- Рассмотреть применение различных областей математического анализа в машинном обучении;
- показать современные направления работы в задачах декодирования сигналов.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- базовые понятия тензорной и геометрической алгебры и обработки сигналов; семейства моделей на основе регрессии, тензоров, дифференциальных уравнений и дифференциальной геометрии, их свойства и границы применимости;
- математические методы решения задач анализа сигналов и многомерных массивов данных.

уметь:

- применять математические методы решения задач анализа сигналов и многомерных массивов данных к практическим задачам.

владеть:

- математическим аппаратом тензорной и геометрической алгебр, соответствующими пакетами программного обеспечения;
- навыками разработки вычислительных алгоритмов для решения задач анализа сигналов и многомерных массивов 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	Введение		6		3

2	Характеристики сигналов и временных рядов		6		3
3	Цифровая обработка сигналов		6		3
4	Прогнозирование временных рядов		6		3
5	Тензорная алгебра и тензорные разложения		6		3
6	Нейронные дифференциальные уравнения	6	6		6
7	Модели пространств состояний	6	6		6
8	Геометрические методы в машинном обучении	6	6		6
9	Поиск, формализация, планирование, обсуждение экспериментальных задач	6	6		6
10	Доклады на основе результатов экспериментов	6	6		6
Итого часов		30	60		45
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

##### Семестр: 7 (Осенний)

###### 1. Введение

Введение: Напоминание понятий классического машинного обучения.

Понятие временных рядов, задачи декодирования сигналов.

###### 2. Характеристики сигналов и временных рядов

Выделение сезонности и трендов. Подходы к обработке шума в прикладных задачах.

###### 3. Цифровая обработка сигналов

Фильтрация сигналов. Спектральный анализ.

###### 4. Прогнозирование временных рядов

Выравнивание временных рядов. Сравнение временных рядов. Авторегрессионные модели.

###### 5. Тензорная алгебра и тензорные разложения

Понятие тензора. Операции над тензорами. Тензорные разложения. Методы прогнозирования на основе данных представленных тензорами.

##### Семестр: 8 (Весенний)

###### 6. Нейронные дифференциальные уравнения

Знакомство с обыкновенными дифференциальными уравнениями. Связь с классическими моделями глубокого машинного обучения. Разновидности нейронных дифференциальных уравнений, в том числе: управляемые, стохастические, в частных производных.

## 7. Модели пространств состояний

Понятие моделей с непрерывным пространством состояний. Современное состояние области и применение данных моделей.

## 8. Геометрические методы в машинном обучении

Метрические пространства. Дифференциальные формы. Кривизна. Многообразия. Римановы многообразия.

## 9. Поиск, формализация, планирование, обсуждение экспериментальных задач

Задача декодирования сигналов. Постановки. Наборы данных.

## 10. Доклады на основе результатов экспериментов

Студенты готовят доклады по результатам проведенных экспериментов.

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

Необходимое оборудование для практических занятий: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, маркерная доска, связь с Интернетом).

Необходимое программное обеспечение: система компьютерной алгебры Matlab, систему верстки TeX.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Тензорное исчисление [Текст] : учеб. пособие для вузов / Г. В. Коренев ; Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 1990, 1996, 2000 .— 240 с.

### Дополнительная литература

## 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)

Необходимое программное обеспечение: система компьютерной алгебры Matlab, систему верстки TeX.

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

Дифференцированный зачет ставится по результатам работы в течении семестра и устного опроса.

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой.

Экзамен проводится путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Математическое моделирование и компьютерные технологии Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра интеллектуальных систем
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 7 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** А.М. Самохина, ассистент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Математические методы прогнозирования» обучающийся должен:

### знать:

- базовые понятия тензорной и геометрической алгебры и обработки сигналов; семейства моделей на основе регрессии, тензоров, дифференциальных уравнений и дифференциальной геометрии, их свойства и границы применимости;
- математические методы решения задач анализа сигналов и многомерных массивов данных.

### уметь:

- применять математические методы решения задач анализа сигналов и многомерных массивов данных к практическим задачам.

### владеть:

- математическим аппаратом тензорной и геометрической алгебр, соответствующими пакетами программного обеспечения;
- навыками разработки вычислительных алгоритмов для решения задач анализа сигналов и многомерных массивов данных.

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

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия или в конце занятия по пройденной теме.

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

Вопросы к дифференцированному зачёту в 7 семестре:

1. Что такое классическое машинное обучение?
2. Основные задачи декодирования сигналов.
3. Как определяются характеристики сигналов и временных рядов?
4. Что такое прогнозирование временных рядов?
5. Как происходит сравнение временных рядов?
6. Основные подходы к обработке шума.
7. Понятие авторегрессионные модели.
8. Фильтрация сигналов.
9. Спектральный анализ.
10. Понятие тензора.
11. Методы прогнозирования на основе данных представленных тензорами.

Вопросы к дифференцированному зачёту в 7 семестре:

1. Постановка задачи декодирования сигнала
2. Singular spectrum analysis
3. Авторегрессионные модели
4. Сингулярное разложение
5. QPFS model selection
6. Алгоритмы снижения размерностей

7. Базовые понятия тензорной алгебры
8. Тензорные разложения
9. Тест Грейнджера
10. Теорема Такена
11. ResNet vs Neural ODE
12. Adjoint back-propagation

#### Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - 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 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - 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 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

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

При проведении дифференцированного зачета, обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения дифференцированного зачета, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой и другими материалами.