

**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>	Генеративные модели
<b>по направлению:</b>	Прикладная математика и информатика
<b>профиль подготовки:</b>	А1360: Передовые методы искусственного интеллекта Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики центр практик и стажировок ФПМИ
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: А.Ю. Ширяев, заведующий кафедрой

Программа обсуждена на заседании центра практик и стажировок ФПМИ 12.02.2024

## Аннотация

Курс "Генеративные модели" посвящен изучению и применению современных методов машинного обучения, позволяющих создавать новые данные, подобные существующим. Курс охватывает теоретические основы генеративных моделей, практические навыки работы с ними, а также их актуальные применения в различных областях.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Познакомиться с основами генеративных моделей:

- Изучить различные типы генеративных моделей, такие как генеративные состязательные сети (GAN), вариационные автоэнкодеры (VAE) и авторегрессивные модели.
- Узнать о принципах работы, преимуществах и недостатках каждой модели.
- Понять, как генеративные модели используются для создания нового контента, например, изображений, звука, текста и видео.

Развить практические навыки работы с генеративными моделями:

- Научиться создавать и обучать генеративные модели для различных задач.
- Понять, как оптимизировать генеративные модели для достижения желаемых результатов.
- Использовать библиотеки и инструменты для работы с генеративными моделями, такими как TensorFlow, PyTorch и Keras.

Ознакомиться с приложениями генеративных моделей:

- Изучить, как генеративные модели используются в различных областях, таких как компьютерное зрение, обработка естественного языка, синтез речи, создание музыки и т.д.
- Понять влияние генеративных моделей на различные отрасли, включая дизайн, развлечения, медицину, науку и образование.

Развить критическое мышление:

- Изучить этические проблемы, связанные с использованием генеративных моделей, таких как подделка изображений, создание глубоких фейков и распространение дезинформации.
- Понять, как генеративные модели могут использоваться во благо и во вред обществу.

#### Задачи дисциплины

Теоретическое изучение:

- Изучить основные понятия и алгоритмы генеративных моделей.
- Анализировать различные типы генеративных моделей и их приложений.
- Изучить методы оценки качества генерируемого контента.

Практические занятия:

- Создать обучение генеративных моделей с использованием реальных данных.
- Оптимизировать модели для достижения лучших результатов.
- Разработать приложения, использующие генеративные модели.

Проектная работа:

- Выполнить самостоятельную работу над проектом, связанным с применением генеративных моделей.
- Разработать и реализовать решения для конкретной задачи с использованием генеративных моделей.
- Представить результат проекта и его обсуждение.

### 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-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
	ОПК-2.3 Знает основные требования информационной безопасности
DL-1 Способен применять и (или) разрабатывать архитектуры глубоких нейронных сетей	DL-1.1 Способен объяснять и применять математические основы нейронных сетей, включая расчет градиентов, методы оптимизации и алгоритм обратного распространения ошибки (backpropagation), для эффективного обучения моделей
	DL-1.2 Способен проектировать и реализовывать неглубокие нейронные сети (перцептроны, MLP), выбирать appropriate функции активации и регуляризации для решения задач классификации и регрессии
	DL-1.3 Способен разрабатывать, адаптировать и внедрять генеративные нейронные сети для решения практических задач, включая создание новых архитектур, оптимизацию обучения и промышленное развертывание моделей
DL-2 Способен применять и (или) разрабатывать современные архитектуры генеративных глубоких сетей	DL-2.1 Применяет известные архитектуры генеративных глубоких нейронных сетей для решения прикладной задачи (генерация текста, генерация изображений по тексту, синтез речи и т.д.), при необходимости проводя дообучение на наборах данных
	DL-2.2 Имплементирует известные архитектуры генеративных сетей, реализует пайплайны их обучения на датасетах и вывод генеративных моделей в продуктивную среду
LLM-1 Способен применять и (или) разрабатывать генеративные модели и БЯМ	LLM-1.1 Знает архитектуры генеративных моделей
	LLM-1.2 Оценивает производительность генеративных моделей
	LLM-1.3 Понимает роль латентного пространства в генеративных моделях
	LLM-1.4 Понимает принципы генерации в мультимодальных моделях
	LLM-1.5 Оценивает защищённость моделей генерации
LLM-2 Способен дообучать адаптировать и оптимизировать генеративные модели под специфические задачи и условия применения	LLM-2.1 Понимает принципы fine-tune
	LLM-2.2 Создаёт обучающие наборы данных
	LLM-2.3 Использует адаптивные методы дообучения
	LLM-2.4 Понимает обучение с обратной связью
	LLM-2.5 Применяет дистилляцию моделей
	LLM-2.6 Настраивает гиперпараметры fine-tune
	LLM-2.7 Оценивает эффективность дообучения
	FC-2.1 Исследует и разрабатывает большие языковые модели (LLM) и другие модели для символьных данных
	FC-2.2 Исследует и разрабатывает диффузионные и другие модели для несимвольных данных

FC-2 Способен проводить фронтальные исследования в области фундаментальных и генеративных моделей	FC-2.3 Исследует и создает мульти-модальные большие языковые модели (LLM)
	FC-2.4 Развивает методы переноса знаний с адаптацией моделей
	FC-2.5 Исследует и создает методы аугментации больших языковых моделей (LLM) без адаптации моделей
FC-3 Способен проводить фронтальные исследования в области управления, решения, агентных и мультиагентных систем	FC-3.1 Разрабатывает алгоритмы обучения с подкреплением
	FC-3.2 Исследует и создает агентные системы
	FC-3.3 Исследует и создает мультиагентные системы

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- генеративные методы машинного обучения, используемые в задачах компьютерного зрения;
- методы обучения, применяемые для анализа документов и изображений;
- основные подходы и современные методы, применяемые для генерации документов.

уметь:

- работать с основными задачами в сфере computer vision;
- анализировать результаты, получаемые при применении модели;
- реализовать собственную модель.

владеть:

- методами машинного обучения в задачах CV;
- средствами для разработки моделей для обработки текста и способами анализа ошибок модели.

### 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	6		6
2	Авторегрессивные модели	4	4		4
3	Потоковые модели	4	4		4
4	Модели со скрытыми переменными	4	4		4
5	Сжатие информации с помощью вариационного автокодировщика	4	4		4
6	Генеративно-сопоставительные сети	4	4		4
7	Перенос стиля	4	4		4
Итого часов		30	30		30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

## 1. Введение.

Введение. Программа курса. Организационные вопросы. Задачи. Аналоговый и цифровой сигнал, sampling и квантование. Фурье преобразование сигнала. Теорема Найквиста – Шеннона – Котельникова (sampling theorem). Aliasing, алиасинг. Интерполяция. Передискретизация. Восприятие цвета. Рецепторы в сетчатке. Цветовая слепота. Пространство X, Y, Z. Цветовые пространства. Другие цветовые пространства.

## 2. Авторегрессивные модели

Устройство глаза. Геометрические преобразования на плоскости. Аффинные преобразования. Проективные преобразования (Homography). Однородные координаты. Дисторсия оптических систем с осевой симметрией («рыбий глаз», «подушка»). Преобразование Хафа. Диаграмма Вороного. Триангуляция Делоне. Distance transform. Расстояние Хаусдорфа. Метод заматающей полосы.

## 3. Потокковые модели

Возможные дефекты изображений. Гистограмма изображения. Гистограммные преобразования. Баланс белого. Морфологические операции. Бинарная математическая морфология. Морфология на сером. Морфологический градиент. Ускорение вычислений бинарной морфологии. Медианный фильтр. Вох фильтр. Фильтр Гаусса. Вычисление градиента. Повышение резкости (unsharp mask). Фильтры. Конволюция (свертка). Деконволюция. Деконволюция Винера. Деконволюция Lucy-Richardson. Детектирование шума. Филтрация шума. Билатеральный фильтр.

## 4. Модели со скрытыми переменными

Контурь изображения. Резкие границы на изображении. Первая производная. Фильтр Собеля. Вторая производная. LoG (Laplacian of Gaussian). DoG (Difference of Gaussians). LoG – детектор блоков. Градиент и производная по направлению. Фильтр Габора. Canny edge detector. LSD (Line Segment Detector). Детектор углов. Детектор углов Harris. Гессиян. Steerable фильтры (поворачивающиеся). Рекурсивные фильтры. Рекурсивный фильтр Гаусса.

## 5. Сжатие информации с помощью вариационного автокодировщика

CBIR (content-based image retrieval). Что значит похожие изображения? Общая схема поиска изображений. Perceptual hash. Perceptual hash, DCT-based hash. GIST. Использование особых точек для поиска дубликатов. Затраты по памяти. Представление дескрипторов. Визуальные слова. Обратный индекс (inverted index). TF-IDF, стоп листы. Улучшение схемы обратного индекса. Hamming embedding. Weak geometrical consistency. Hamming embedding + weak geometrical consistency. GISTIS (GIST indexing structur). INRIA Copydays dataset. Сравнение разных методов поиска дубликатов. Учет геометрических свойств.

## 6. Генеративно-состязательные сети

Выделение объектов. Things vs. Stuff. Датасеты. ImageNet. Microsoft COCO. The Pascal Visual Object Classes (VOC). TinyImages. CIFAR-10 и CIFAR-100. Детектирование объектов. Скользящее окно. Бинарный классификатор участка изображения. Детектирование пешеходов. HOG, Histogram of Oriented Gradients. Обучение детектора. Визуализация классификатора. Детектирование лиц. Алгоритм Viola Jones. AdaBoost для отбора признаков. Обучение каскада классификаторов. Постпроцессинг. Другие слабые классификаторы. Разные ракурсы.

## 7. Перенос стиля

Классификация изображений, ILSVRC2012. AlexNet. NIN (Network in Network). GoogleNet. GoogleNet, Inception module. VGG. Batch Normalization. BN-Inception. Residual сети. ResNet. Детектирование объектов. R-CNN. R-CNN, гипотезы регионов. Fast R-CNN. Faster R-CNN. Region Proposal Network (RPN). YOLO (You Only Look Once). SSD (Single shot detector). Семантическая сегментация. Преобразование FC слоев в сверточные. Uosampling. Объединение выходов с разных уровней сети.

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

Стандартная учебная аудитория, оборудованная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система) для докладов и презентаций.

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

### **Основная литература**

Программирование на С и С++ : Практикум [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. В. Крячков, И. В. Сухина, В. К. Томшин .— М. : Горячая линия-Телеком, 2000 .— 344 с.

Программирование на языке Си [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. В. Подбельский, С. С. Фомин .— 2-е изд., доп. — М. : Финансы и статистика, 2000, 2002, 2003, 2004 .— 600 с.

### **Дополнительная литература**

Программирование на Java [Текст] : курс лекций для студентов вузов / Н. А. Вязовик .— М. : Интернет-Ун-т Информ. технологий, 2003 .— 592 с.

## **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)**

На занятиях используется компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система),

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

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. Успешное освоение дисциплины требует:

- посещения студентом всех видов аудиторных занятий;
- качественной самостоятельной подготовки к практическим занятиям, активной работы на них;
- активной самостоятельной и аудиторной работы студента;
- своевременной сдачи преподавателю заданий по аудиторным видам работ.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**по направлению:** Прикладная математика и информатика  
**профиль подготовки:** АІ360: Передовые методы искусственного интеллекта  
Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики  
центр практик и стажировок ФПМИ  
**курс:** 4  
**квалификация:** бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** А.Ю. Ширяев, заведующий кафедрой

## 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-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
	ОПК-2.3 Знает основные требования информационной безопасности
DL-1 Способен применять и (или) разрабатывать архитектуры глубоких нейронных сетей	DL-1.1 Способен объяснять и применять математические основы нейронных сетей, включая расчет градиентов, методы оптимизации и алгоритм обратного распространения ошибки (backpropagation), для эффективного обучения моделей
	DL-1.2 Способен проектировать и реализовывать неглубокие нейронные сети (перцептроны, MLP), выбирать appropriate функции активации и регуляризации для решения задач классификации и регрессии
	DL-1.3 Способен разрабатывать, адаптировать и внедрять генеративные нейронные сети для решения практических задач, включая создание новых архитектур, оптимизацию обучения и промышленное развертывание моделей
DL-2 Способен применять и (или) разрабатывать современные архитектуры генеративных глубоких сетей	DL-2.1 Применяет известные архитектуры генеративных глубоких нейронных сетей для решения прикладной задачи (генерация текста, генерация изображений по тексту, синтез речи и т.д.), при необходимости проводя дообучение на наборах данных
	DL-2.2 Имплементирует известные архитектуры генеративных сетей, реализует пайплайны их обучения на датасетах и вывод генеративных моделей в продуктивную среду
LLM-1 Способен применять и (или) разрабатывать генеративные модели и БЯМ	LLM-1.1 Знает архитектуры генеративных моделей
	LLM-1.2 Оценивает производительность генеративных моделей
	LLM-1.3 Понимает роль латентного пространства в генеративных моделях
	LLM-1.4 Понимает принципы генерации в мультимодальных моделях
	LLM-1.5 Оценивает защищённость моделей генерации
LLM-2 Способен дообучать адаптировать и оптимизировать генеративные модели под специфические задачи и условия применения	LLM-2.1 Понимает принципы fine-tune
	LLM-2.2 Создаёт обучающие наборы данных
	LLM-2.3 Использует адаптивные методы дообучения
	LLM-2.4 Понимает обучение с обратной связью
	LLM-2.5 Применяет дистилляцию моделей
	LLM-2.6 Настраивает гиперпараметры fine-tune
	LLM-2.7 Оценивает эффективность дообучения



FC-2 Способен проводить фронтирные исследования в области фундаментальных и генеративных моделей	FC-2.1 Исследует и разрабатывает большие языковые модели (LLM) и другие модели для символьных данных
	FC-2.2 Исследует и разрабатывает диффузионные и другие модели для несимвольных данных
	FC-2.3 Исследует и создает мульти-модальные большие языковые модели (LLM)
	FC-2.4 Развивает методы переноса знаний с адаптацией моделей
	FC-2.5 Исследует и создает методы аугментации больших языковых моделей (LLM) без адаптации моделей
FC-3 Способен проводить фронтирные исследования в области управления, решения, агентных и мультиагентных систем	FC-3.1 Разрабатывает алгоритмы обучения с подкреплением
	FC-3.2 Исследует и создает агентные системы
	FC-3.3 Исследует и создает мультиагентные системы

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Генеративные модели» обучающийся должен:

### знать:

- генеративные методы машинного обучения, используемые в задачах компьютерного зрения;
- методы обучения, применяемые для анализа документов и изображений;
- основные подходы и современные методы, применяемые для генерации документов.

### уметь:

- работать с основными задачами в сфере computer vision;
- анализировать результаты, получаемые при применении модели;
- реализовать собственную модель.

### владеть:

- методами машинного обучения в задачах CV;
- средствами для разработки моделей для обработки текста и способами анализа ошибок модели.

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

1. Что такое генеративные модели и в чем заключается их основное предназначение?
2. Какие методы используются для создания генеративных моделей?
3. Какие применения имеют генеративные модели в области искусственного интеллекта и машинного обучения?
4. Какие проблемы могут возникнуть при создании генеративных моделей, и как их можно решить?
5. Как генеративные модели используются в обработке естественного языка?
6. Каковы основные отличия между дискриминативными и генеративными моделями?
7. Как генеративные модели могут быть применены в области компьютерного зрения и обработки изображений?
8. Какие существуют методы оценки качества генеративных моделей?
9. Какие преимущества и недостатки существующих генеративных моделей?
10. В каких областях науки и техники генеративные модели могут быть наиболее эффективно применены?

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

1. Реализация авторегрессионной модели
2. Реализация потоковой модели
3. Реализация вариационного автокодировщика

4. Реализация генеративно-состязательной сети
5. Реализация DCGAN, CycleGAN, WassersteinGAN
6. Задача генерации изображений
7. Задача переноса стиля
8. Объясните принцип работы VAE. Что такое кодировщик и декодировщик?
9. Каковы преимущества и недостатки каждого типа модели?
10. Как оценить качество генерируемого контента? (Метрики)
11. Как работают авторегрессивные модели? (Примеры: GPT, BERT)

#### Критерии оценивания

Оценка "Отлично" (10) - полностью и вовремя решены все задачи без ошибок. Продemonстрирован грамотный подход к решению задач, реализованы оптимальные алгоритмы, код оформлен в едином удобочитаемом стиле.

Оценка "Отлично" (9) - полностью и вовремя решены все задачи без ошибок. Продemonстрирован грамотный подход к решению задач, реализованы оптимальные алгоритмы.

Оценка "Отлично" (8) - полностью и вовремя решены все задачи без ошибок. Продemonстрирован грамотный подход к решению задач.

Оценка "Хорошо" (7) - полностью решены все задачи. Допущены несущественные ошибки.

Оценка "Хорошо" (6) - полностью решено большинство задач. В некоторых задачах допущены и не исправлены ошибки, либо некоторые задачи решены частично.

Оценка "Хорошо" (5) - полностью решено две трети задач. В некоторых задачах допущены и не исправлены ошибки, либо некоторые задачи решены частично.

Оценка "Удовлетворительно" (4) - полностью решено более половины задач. В остальных задачах допущены и не исправлены ошибки, либо некоторые задачи решены частично.

Оценка "Удовлетворительно" (3) - полностью решено более половины задач.

Оценка "Неудовлетворительно" (2) - решено менее половины задач.

Оценка "Неудовлетворительно" (1) - не решено ни одной задачи.

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

Дифференцированный зачет может проводиться 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.

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.

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