

MLOps для разработки и мониторинга моделей

01	Кому подойдёт курс	Специалистам в области Data Science и Machine Learning Разберётесь в ключевых практиках и инструментах MLOps, чтобы развёртывать модели и управлять ими в продакшн-среде ML-инженеры и специалисты по DevOps Структурируете знания и освоите комплексный подход к развёртыванию и поддержке множества ML-моделей в продакшн-среде Инженеры данных Погрузитесь в новую предметную область и выйдете за рамки классических ETL-процессов: научитесь организовывать и сопровождать ML-модели в продакшене
02	Чему научитесь на курсе Какие знания и навыки освоите	Оценивать зрелость ML-проекта при помощи фреймворка MLOps-зрелости Разрабатывать MLOps-архитектуру, адаптированную под конкретный кейс Автоматизировать жизненный цикл ML-модели: предобработку данных, эксперименты, развёртывание и мониторинг Развёртывать ML-модели в продакшне Выбирать подходящий способ деплоя в зависимости от бизнес-требований Обеспечивать надёжность и контроль качества моделей с помощью версионирования, тестирования, мониторинга данных и метрик Настраивать и поддерживать CI/CD-процессы для ML, чтобы автоматизировать обновление и интеграцию моделей Работать в облачной среде и управлять ML-инфраструктурой при помощи Yandex Cloud Взаимодействовать с другими специалистами, создавая комплексные ML-решения, готовые к масштабированию
03	Как проходит курс	Сопровождение кураторами Обратная связь от опытных наставников Воркшопы с экспертами Теория на платформе Практикума с фокусом на MLOps-принципах, а не на инструментах Практические задания с ревью на готовой инфраструктуре в облаке

Что вас ждёт

5 проектов по основным областям MLOps и 1 большой итоговый проект	ClearML, MLflow, ClickHouse, Airflow, Yandex Cloud и другие инструменты	Диплом о профессиональной переподготовке
--	--	---

MLOps для разработки и мониторинга моделей

5 месяцев

продолжительность курса

6 проектов

в портфолио

2 ЧАСА 00 Бесплатная часть. Деплой модели на FastAPI в Yandex Cloud и входной тест	2 НЕДЕЛИ 01 Введение в MLOps - Жизненный цикл разработки ML-модели, роль MLOps-инженера - Обзор жизненного цикла MLOps - MLOps-процессы и инфраструктурные компоненты - Стадии MLOps-зрелости проекта	2 НЕДЕЛИ 02 Практики разработки - Управление зависимостями - Качество кода - Промышленные ML-пайплайны - Тестирование ML	2 НЕДЕЛИ 03 Контейнеризация и облачное окружение - Знакомство с Docker - Оркестрация сервисов
2 НЕДЕЛИ 04 Отслеживание экспериментов, управление ML-моделями и их хранение Задачи инструментов MLOps	2 НЕДЕЛИ 05 Качество и версионирование данных - Введение в data engineering для ML - Проблемы качества данных и метрики - Data Drift и Schema Drift	2 НЕДЕЛИ 06 DevOps- и CI/CD-практики - Философия DevOps и MLOps - Инфраструктура для MLOps - Непрерывная интеграция — CI - Непрерывное развёртывание — CD	2 НЕДЕЛИ 07 Оркестрация и ML-пайплайны - Батч-оркестрация с Airflow - Оркестрация ML-экспериментов в ClearML - Развёртывание в Kubernetes с помощью Helm - Распределённые вычисления и продакшн-деплой - Сравнительный анализ инструментов
2 НЕДЕЛИ 08 Развёртывание ML-моделей - Офлайн-инференс в ClearML - Онлайн-инференс в Kubernetes - Оркестрация инференса с Kserve - Оптимизация моделей	2 НЕДЕЛИ 09 Мониторинг и обратная связь - Инфраструктурный мониторинг - Централизованное логирование и алертинг - Мониторинг качества ML-моделей - Мониторинг в CI/CD и автоматизация реагирования	3 НЕДЕЛИ 10 Итоговый проект	

Бесплатная часть. Деплой модели на FastAPI в Yandex Cloud и входной тест

00

~2 часа

Входное тестирование

- Освоите процесс превращения модели из исследовательского кода в полноценный веб-сервис, доступный пользователям
- Познакомитесь с FastAPI — современным и удобным Python-фреймворком для создания веб-сервисов, в том числе и с ML
- Сделаете прототип сервиса и протестируете его локально, используя FastAP
- Развернёте сервис с ML-моделью в облаке — ваша первая «боевая» модель
- Получите понимание реальных вызовов при развертывании моделей и подготовитесь к изучению продвинутых MLOps-практик
- Поймёте, как организован курс, какие задачи вас ждут на курсе дальше, пройдёте входное тестирование

Практическая работа

Научитесь деплоить ML-модель в облаке, используя FastAPI

Инструменты и технологии

- Python
- FastAPI
- Yandex Cloud

2 недели

1 практическая работа

Рассмотрите MLOps-процессы, научитесь оценивать проекты с точки MLOps-зрелости и познакомьтесь с основными используемыми инструментами.

Проект
Попрактикуйтесь в решении кейсов на оценку зрелости проекта и выбор MLOps-архитектуры

- Инструменты и технологии**
- Python
 - Git
 - FastAPI
 - MLflow
 - ClearML
 - Docker
 - Docker Compose
 - Yandex Cloud

Содержание

01.	Жизненный цикл разработки ML-модели, роль MLOps-инженера	Изучите основные этапы обучения моделей, а также узнаете, как работают основные ML-специалисты (DS, MLE) и как они взаимодействуют с MLOps-инженером. Познакомьтесь с ключевыми этапами разработки ML-моделей: от сбора данных до внедрения в продакшн. Изучите специфику работы основных ML-ролей и их взаимодействие с MLOps-инженером в процессе создания и обслуживания моделей.
02.	Обзор жизненного цикла MLOps	Рассмотрите полный цикл MLOps как последовательность связанных процессов разработки, развёртывания и поддержки ML-систем.
03.	MLOps-процессы и инфраструктурные компоненты	Детально разберёте 7 ключевых MLOps-процессов, включая управление данными, экспериментами, моделями и их развёртыванием. Познакомьтесь с инфраструктурными компонентами и инструментами, которые реализуют эти процессы в современных ML-системах.
04.	Стадии MLOps-зрелости проекта	Научитесь оценивать зрелость ML-проекта и составлять план совершенствования MLOps-инфраструктуры, чтобы устранить недостатки текущего уровня и подготовиться к переходу на более высокую ступень зрелости.

2 недели

1 практическая работа

Перейдёте от хаотичной разработки к созданию профессиональных и надёжных ML-решений, которые легко поддерживать.

Проект

Сделаете ревью кода для ML-проекта

- Инструменты и технологии
- uv
 - Pylint/Ruff
 - mypy
 - PyTest
 - Docker
 - Docker Compose

Содержание

01.	Управление зависимостями	Настроите изолированное окружения с uv, изучите безопасное обновление библиотек и автоматизацию процессов
02.	Качество кода	Научитесь применять автоформатирование, линтинг (PEP8) и статическую типизацию для повышения читаемости, предсказуемости и надёжности кода
03.	Промышленные ML-пайплайны	Научитесь организовывать эксперименты, создавать масштабируемые и поддерживаемые решения
04.	Тестирование ML	Напишете чистые, изолированные и воспроизводимые тесты для всех компонентов (данные, модели, логика) с использованием PyTest

2 недели
1 практическая работа

Настройте облачное окружение с необходимыми инструментами в Yandex Cloud

Проект
Сделаете ревью кода для ML-проекта

- Инструменты и технологии
- Python
 - Docker
 - Docker Compose
 - Git
 - Yandex Cloud

Содержание

01. Знакомство с Docker	Научитесь устанавливать Docker, создавать образы и управлять контейнерами. Освойте контейнеризацию ML-сервисов с оптимизацией (.dockerignore, multistage build).
02. Оркестрация сервисов	Соберёте и научитесь управлять многосервисной инфраструктурой с помощью Docker Compose, а также диагностировать взаимодействия.

2 недели 3 практические работы	Освоите ключевые инструменты MLOps (MLflow и ClearML), чтобы управлять полным жизненным циклом ML-проектов. Проект Настройте ClearML: от развёртывания сервера и версионирования экспериментов через управление моделями в реестре с S3 и их продакшн-деплой до оркестрации ресурсов агентами с S3, удалённым выполнением задач и настройкой окружений через Sessions Инструменты и технологии • Python • MLflow • ClearML
-----------------------------------	---

Содержание

01. Задачи инструментов MLOps	Проанализируете задачи инструментов в MLOps-цикле, изучите критерии выбора между MLflow и ClearML, оцените их функциональность: эксперименты, модели, serving
-------------------------------	---

2 недели
1 проект

Научитесь проектировать data-пайплайны для ML, диагностировать проблемы данных (пропуски, дрифты), внедрять валидацию через Pandera/Great Expectations и версионировать датасеты с DVC для воспроизводимости.

Проект

Выявите Data Drift (метрики PSI, KS, библиотека Evidently), сравните исторические и текущие данные, опишите схемы (Pandera, Pydantic) для обнаружения ошибок типов, пропусков и выбросов. Также автоматизируете тесты качества и отчёты при помощи Great Expectations

Инструменты и технологии

- Pydantic
- Great Expectations
- ClearML

Содержание

01.	Введение в data engineering для ML	Изучите пути данных от источников до модели: типы хранилищ (объектные/табличные/файловые), стратегии инжеста, критерии выбора инфраструктуры под задачи ML
02.	Проблемы качества данных и метрики	Научитесь распознавать ошибки данных (дубликаты, некорректные форматы, схематические несоответствия), рассчитывать метрики completeness/validity/uniqueness и анализировать их влияние на модели
03.	Data Drift и Schema Drift	Поймёте различия между Data/Target/Concept/Schema Drift, сделаете ручное обнаружение дрифтов (PSI/KS-тесты), автоматизируете мониторинг с Evidently и интерпретируете отчёты

2 недели
1 проект

Научитесь внедрять DevOps-практики в MLOps: от теории ограничений и Linux-администрирования до построения CI/CD-пайплайнов для ML-приложений с контейнеризацией, деплоем на ВМ и управлением артефактами.

Проект
Создадите GitLab-пайплайн для линтинга, сборки и деплоя на ВМ

- Инструменты и технологии**
- GitLab CI
 - Docker
 - Docker Compose
 - S3
 - NFS
 - Linux
 - Systemd
 - Yandex Cloud

Содержание

01.	Философия DevOps и MLOps	Узнаете теорию ограничений и принципы бережливого производства. Поймёте, как находить и устранять узкие горлышки в ML-системах.
02.	Инфраструктура для MLOps	Освоите администрирование Linux-серверов: работу с Systemd, переменными окружения, сетевыми хранилищами (NFS) и облачными объектными хранилищами (S3).
03.	Непрерывная интеграция — CI	Научитесь автоматизировать этапы линтинга кода, обучения моделей и сохранения артефактов (весов моделей) в S3 с помощью GitLab CI.
04.	Непрерывное развёртывание — CD	Настроите автоматический деплой Docker-контейнеров на удалённые виртуальные машины. Научитесь безопасно управлять секретами и использовать современные инструменты сборки образов (BuildKit).

2 недели
1 проект

Освойте полный цикл оркестрации ML: автоматизируйте подготовку данных, эксперименты, обучение моделей и их деплой в продакшн с помощью промышленных инструментов.

Проект
Построите воспроизводимый ML-пайплайн для приложения

- Инструменты и технологии**
- Airflow
 - ClearML
 - Docker
 - Kubernetes
 - S3
 - Yandex Cloud

Содержание

01.	Батч-оркестрация с Airflow	Сможете описывать и планировать ETL-процессы с помощью DAG. Узнаете, как автоматизировать загрузку и обработку данных из S3.
02.	Оркестрация ML-экспериментов в ClearML	Научитесь создавать воспроизводимые ML-пайплайны для обучения, валидации и сравнения множества моделей с параллельным запуском экспериментов.
03.	Развёртывание в Kubernetes с помощью Helm	Поймёте основы Kubernetes. Разберётесь в управлении развёртыванием ML-сервисов с помощью Helm-чартов, стандартизацией и контролем версий инфраструктуры.
04.	Распределённые вычисления и продакшн-деплой	Настроите ClearML Agent в Kubernetes для распределённого выполнения задач. Автоматизируете процесс выбора лучшей модели и её деплоя в Serving.
05.	Сравнительный анализ инструментов	Изучите экосистему оркестраторов: Airflow, Mage, Prefect, Argo Workflows. Поймёте их сильные и слабые стороны в реальных проектах.

2 недели
1 проект

Спроектируете, развернёте и оптимизируете системы для пакетного и онлайн-инференса. Выберете подходящие инструменты и форматы моделей, чтобы обеспечить производительность и масштабируемость.

Проект
Развернёте ML-приложение в k8s

- Инструменты и технологии
- ClearML
 - Kubernetes
 - Kserve
 - ONNX
 - S3
 - GitLab Registry
 - Yandex Cloud

Содержание

01.	Офлайн-инференс в ClearML	Автоматизируете пакетные предсказания по расписанию с распределённой обработкой данных и управлением артефактами в S3.
02.	Онлайн-инференс в Kubernetes	Разработаете и задеплоите ML-сервис в k8s: используете Init-контейнеры и Secrets, обеспечите доступ к моделям из S3.
03.	Оркестрация инференса с Kserve	Создадите высокопроизводительный инференс-сервис с автоматическим масштабированием, мониторингом и интеграцией с объектными хранилищами.
04.	Оптимизация моделей	Конвертируете модели в форматы ONNX для ускорения предсказаний. Сравните производительность разных форматов.

2 недели
1 проект

Спроектируете и развернёте систему полного цикла мониторинга для ML-проектов. Будете отслеживать работоспособность инфраструктуры и качество моделей. Автоматизируете реакцию на инциденты.

Проект

Построите систему полного цикла мониторинга для ML-приложения: от сбора метрик и визуализации в Grafana до настройки алертов и интеграции с CI/CD. Автоматизируете обновление модели в продакшне

Инструменты и технологии

- Prometheus
- Grafana
- Loki
- Evidently
- Alertmanager
- Yandex Cloud

Содержание

01.	Инфраструктурный мониторинг	Научитесь собирать системные метрики (CPU, RAM, GPU) и метрики приложений (latency, throughput) с помощью Prometheus. Создадите дашборды в Grafana для визуализации состояния системы.
02.	Централизованное логирование и алертинг	Настроите сбор логов с помощью Loki, интегрируете их в Grafana. Создадите правила для автоматического оповещения о проблемах через Alertmanager.
03.	Мониторинг качества ML-моделей	Научитесь отслеживать метрики качества и анализировать поведение моделей — изменения распределений признаков и предсказаний, data drift и concept drift. Рассмотрите библиотеку Evidently: от расчёта метрик до интеграции с системой мониторинга и настройки порогов алертов.
04.	Мониторинг в CI/CD и автоматизация реагирования	Интегрируете проверки качества в пайплайн. Автоматизируете переобучение и деплой новых версий моделей при срабатывании алертов.

3 недели

Реализуете полный MLOps-цикл для одного из 2 кейсов на выбор. Используете все пройденные методы и инструменты MLOps: обработку и качество данных, версии модели в MLflow/ClearML, пайплайны обучения и переобучения, деплой модели в соответствующем сценарии, мониторинг метрик качества и CI/CD-процесс, который связывает все этапы в единую систему.