

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 продакшне

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
- Вебинары с опытными ML-инженерами
- 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

6 проектов с обратной связью от экспертов, включая проект на датасете Яндекс Маркета

Практика на виртуальных машинах с ClearML, Airflow и Kubernetes

Диплом о профессиональной переподготовке

2 недели
1 проект

Освойте полный цикл оркестрации ML: автоматизируете 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

Разработаете сервис персональных рекомендаций.
Пройдёте полный цикл MLOps: подготовку данных, обучение модели, управление версиями в MLflow или ClearML, организацию хранения артефактов, развёртывание API-сервиса и мониторинг качества модели.

Сможете выбрать инфраструктуру для инференса: виртуальные машины или Kubernetes.



MLOps для разработки и мониторинга моделей

5 месяцев

продолжительность курса

6 проектов

в портфолио

1 НЕДЕЛЯ

01

Введение в MLOps

- Роль MLOps в жизненном цикле ML-проекта
- Зрелость MLOps и платформенный подход
- Профессия MLOps-инженера и карта развития

2 НЕДЕЛИ

02

Практики разработки

- Управление зависимостями
- Качество кода
- Промышленные ML-пайплайны
- Тестирование ML

2 НЕДЕЛИ

03

DevOps- и CI/CD-практики

- Философия DevOps и MLOps
- Инфраструктура для MLOps
- Непрерывная интеграция — CI
- Непрерывное развёртывание — CD

2 НЕДЕЛИ

04

Контейнеризация и облачное окружение

- Знакомство с Docker
- Оркестрация сервисов

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

Отслеживание экспериментов, управление ML-моделями и их хранение

- MLflow
- ClearML
- Оркестрирование ресурсами ClearML

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

1 неделя

Карта профессионального развития

Освежите знания по MLOps и роли MLOps в жизненном цикле ML-проекта. Рассмотрите модели зрелости от Microsoft, Google и GigaOm. Оцените свои проекты. Составьте карту своего профессионального развития с учётом навыков, которые получите на курсе.

Проект

Составьте карту ваших навыков в MLOps и определите траекторию профессионального развития

Инструменты и технологии

- MLOps
- Жизненный цикл
- Модели зрелости
- Карта профессионального развития

Содержание

01. Роль MLOps в жизненном цикле ML-проекта	Поймёте роль MLOps в жизненном цикле ML-модели: от подготовки данных до продакшна и мониторинга. Узнаете, как связаны этапы разработки и эксплуатации, какую ценность MLOps приносит бизнесу — скорость, стабильность, качество решений.
02. Зрелость MLOps и платформенный подход	Изучите модели зрелости MLOps. Узнаете, как оценивать уровень проекта. Разберёте ключевые компоненты MLOps-платформ. Поймёте, как платформизация помогает стандартизировать процессы и ускорять разработку.
03. Профессия MLOps-инженера и карта развития	Рассмотрите роль MLOps-инженера как специалиста на стыке Data Science, разработки и инфраструктуры. Определите зоны ответственности и ключевые навыки. Оцените свой текущий уровень компетенций и сформируете персональную траекторию развития.

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 окружение 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.

Отслеживание экспериментов, управление ML-моделями и их хранение

06

2 недели

1 практическая работа

Освойте ключевые инструменты MLOps (MLflow и ClearML) и научитесь управлять полным жизненным циклом ML-проектов — от логирования экспериментов до реестра моделей, деплоя и оркестрации ресурсов.

Проект

Настройте ClearML: сервер, версионирование экспериментов, реестр моделей, S3-хранилище и управление агентами

Инструменты и технологии

- Python
- MLflow
- ClearML

Содержание

01. MLflow

Разберёте задачи, которые решает инструмент MLOps. Сравните возможности MLflow и ClearML. Научитесь фиксировать параметры и метрики экспериментов, отслеживать их результаты и сравнивать запуски между собой. Освойте реестр моделей и встроенный механизм развёртывания.

02. ClearML

Изучите принципы работы этой платформы. Научитесь отслеживать эксперименты и управлять версиями моделей. Разберёте развёртывание моделей и их обновление в ClearML.

03. Оркестрирование ресурсами
ClearML

Познакомитесь с концепцией агента ClearML и принципами распределённого выполнения задач. Поймёте, как организовать масштабируемый запуск экспериментов.

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 VM и управлением артефактами.

Проект

Создайте GitLab-пайплайн для линтинга, сборки и деплоя на VM

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	Настройте автоматический деплой Docker-контейнеров на удалённые виртуальные машины. Научитесь безопасно управлять секретами и использовать современные инструменты сборки образов (BuildKit).