



Факультет компьютерных наук

Институт ИИ и Цифровых наук

демо-день ИЦК
«Двигателестроение»

Предиктивная аналитика и прогноз поломок оборудования

Денис Деркач
Директор по прикладным исследованиям и разработкам
Институт ИИ НИУ ВШЭ



Институт ИИ ВШЭ

- 110 сотрудников;
- 100+ публикаций в лучших журналах и конференциях по ИИ
- 5 научных лабораторий;
- широкое поле экспертизы:
 - анализ данных и машинное обучение;
 - генеративные модели;
 - большие языковые модели;
 - анализ текстов;
 - биоинформатика;
 - рекомендательные системы;
 - имитационные модели («цифровые двойники»).

Центр ИИ ВШЭ

Грант правительства РФ : 1,1 млрд рублей

Основная задача: развитие и внедрение технологий ИИ

Основные партнёры: Сбер, Яндекс, МТС.

Обширный опыт работы с индустрией.

Факультет компьютерных наук ВШЭ

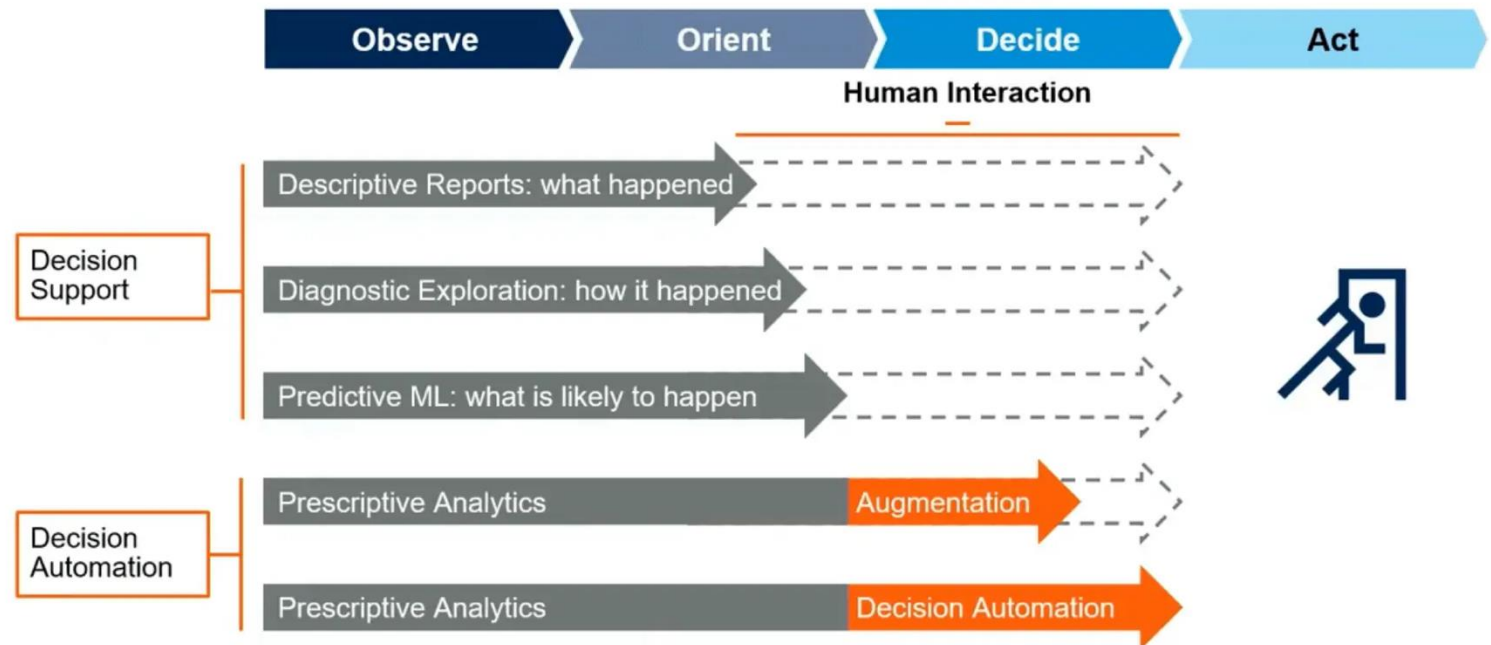
4000+ студентов и аспирантов.

15 образовательных программ

Лучший вуз по подготовке специалистов ИИ
(Рейтинг Альянс ИИ)

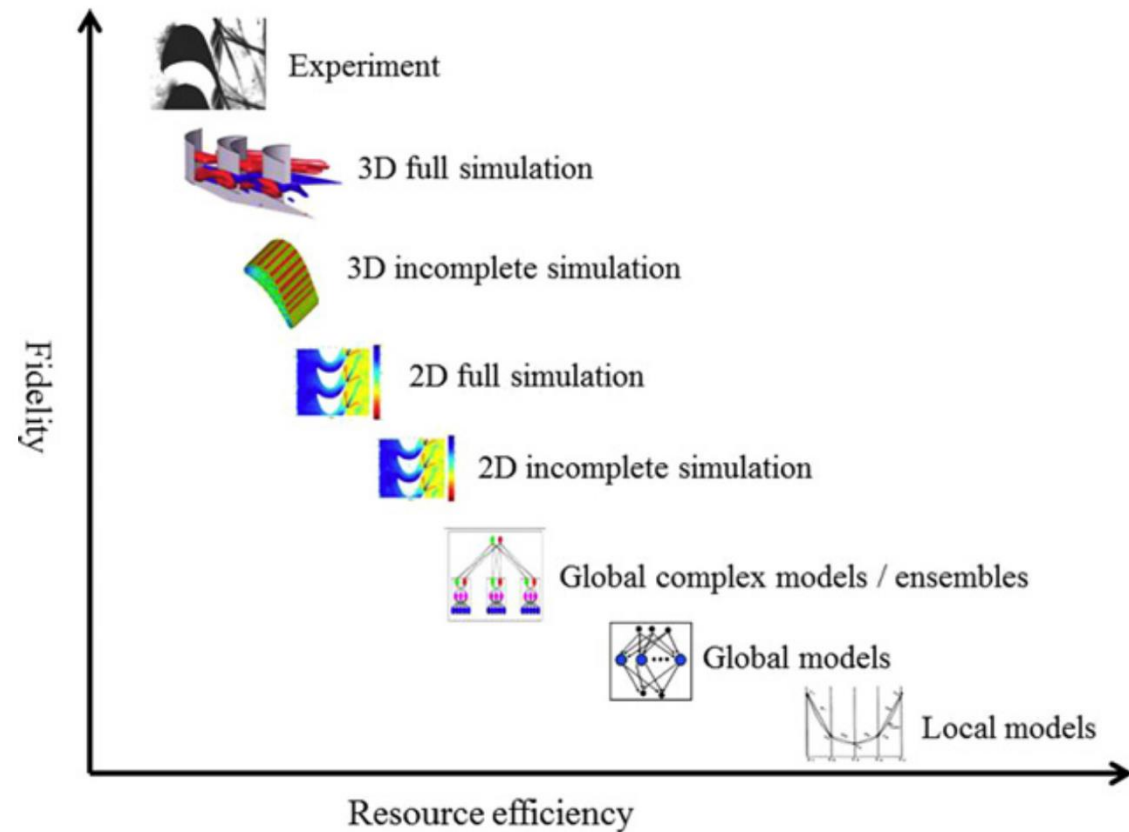
Предиктивная аналитика

- Предсказывает будущее.
- Основывается на использовании предыдущих знаний.
- Позволяет сделать более аргументированное решение при анализе ситуации.
- Оставляет возможности вмешательства человека в решение.



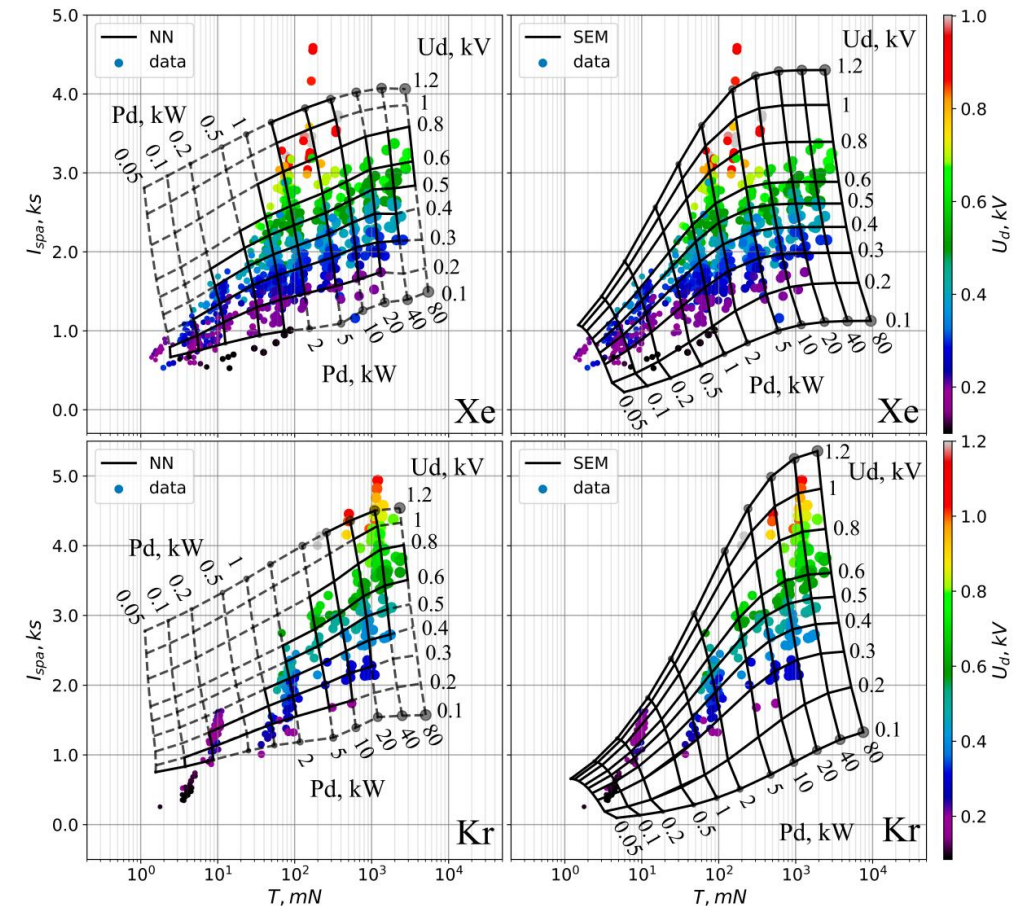
Моделирование

- Необходимо для описания процессов внутри системы.
- Выбор компромисса: надёжность-ресурсоёмкость
- Финальная цель:
 - Оптимизация системы
 - Управление системой
 - Предсказание поведения системы



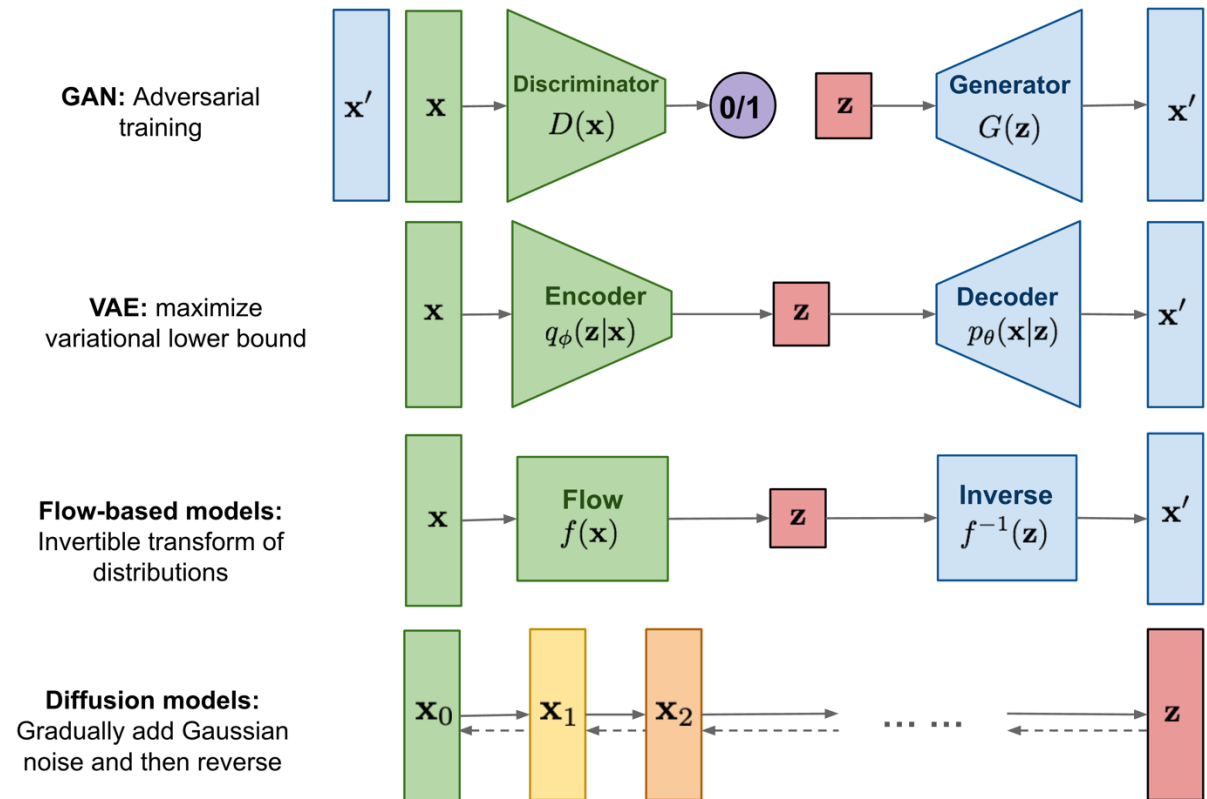
Моделирование с помощью машинного обучения

- Возможность экономить ресурсы.
- Объединение экспериментальных данных.
- Возможность предсказать следующую интересную точку.
- Пример:
двигатель на эффекте Холла



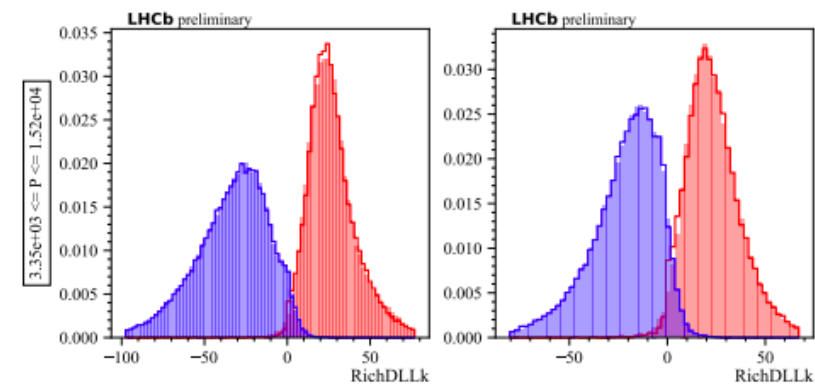
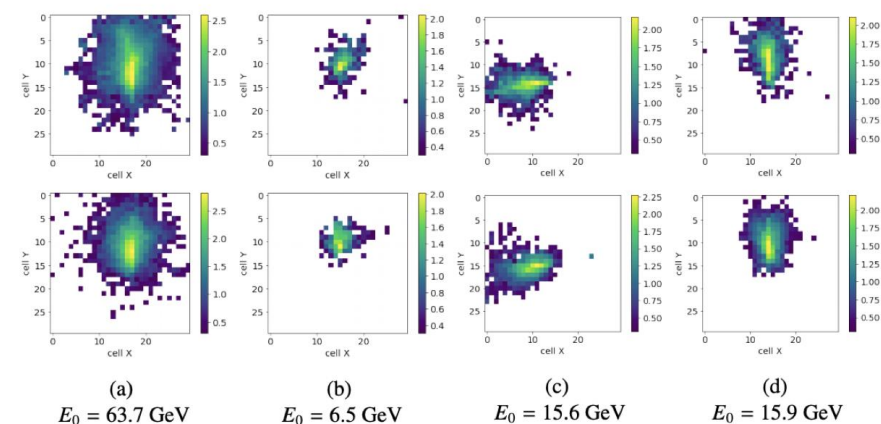
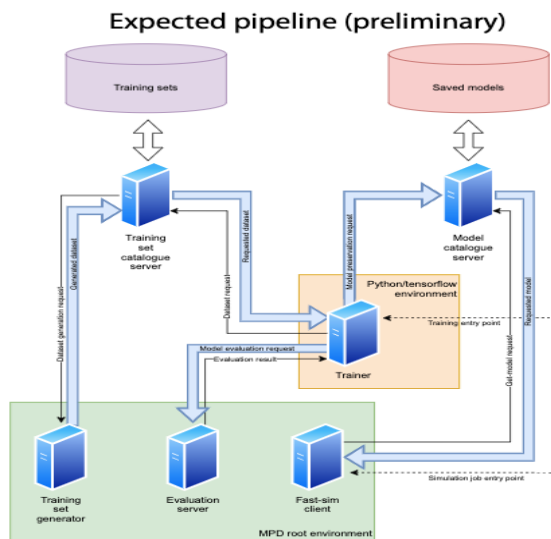
Генеративное моделирование

- Возможность учесть стохастичность системы:
 - скрытые параметры
 - шумовые (случайные эффекты).
- Настройка:
 - с помощью реальных/симулированных данных
 - с учётом физических условий



Генеративное моделирование в реальной жизни

- Пролёт заряженных частиц через вещество.
- Все основные характеристики точно воспроизводятся.
- Возможна дотренировка на данных из-за старения оборудования или других внешних и внутренних факторов.



Вызов: мультимодальность

- Улучшение качества алгоритма одного датчика:
 - изменение фильтров, получение более чувствительных методов.
- Добавление дополнительных датчиков:
 - переход к многомерным данным.
- Переход к анализу на конкретном двигателе:
 - кастомизированное решение.
- Необходимы более гибкие алгоритмы.

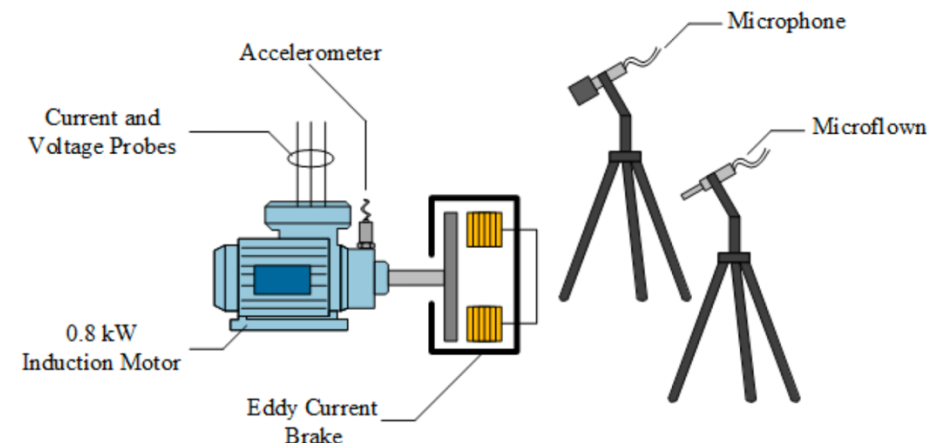
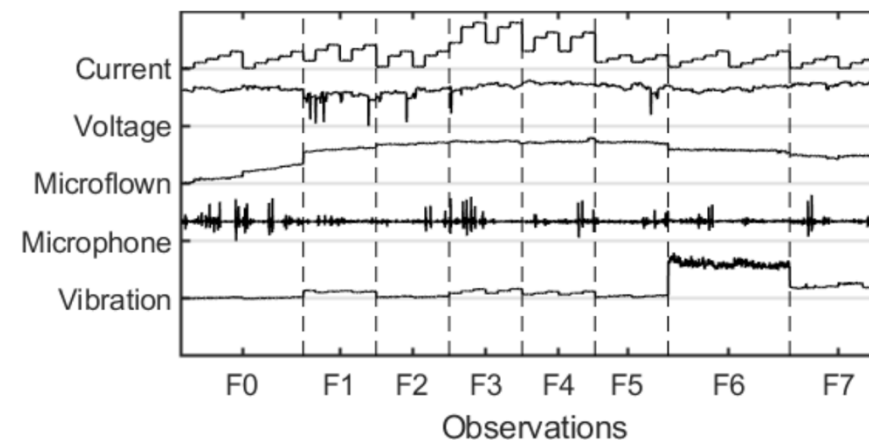


Fig. 2. Schematic of the experimental system



Идентификация аномалий в работе асинхронного трехфазного двигателя

9

Задача – **прогноз поломки двигателя.**

Вызов - **разнородные неисправности:**

1. Электрические (напр. дисбаланс питающего напряжения)
2. Механические (напр. поломку стержня ротора)
3. Внешняя среда (напр., вибрации)

Базовое решение – метод сигнатур по ГОСТ 20958-2015 имеет невысокую точность

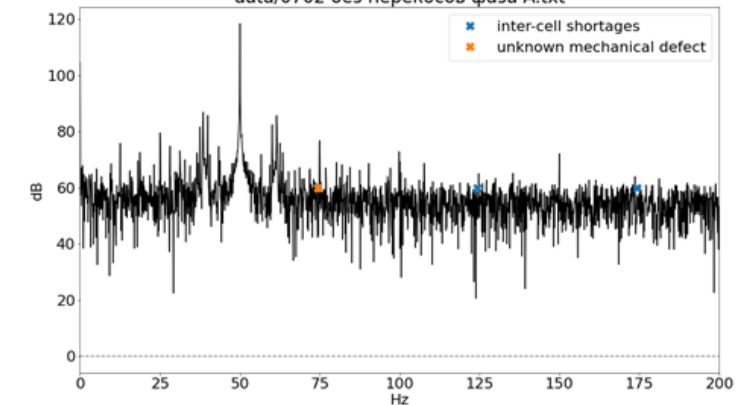
Данные:

- Замеры тока в виде временного сигнала от 5 секунд до 10 минут с дискретизацией 10 кГц (для двигателей 5AI 132 M4 и RA 180 L4 / 2УЗ)

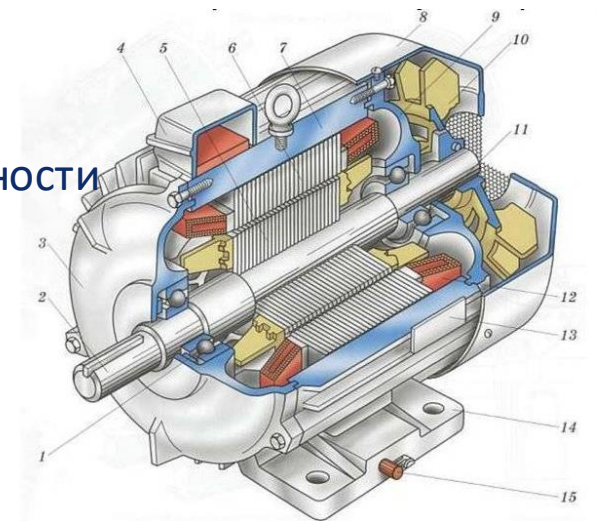
Реализована цифровая модель двигателя:

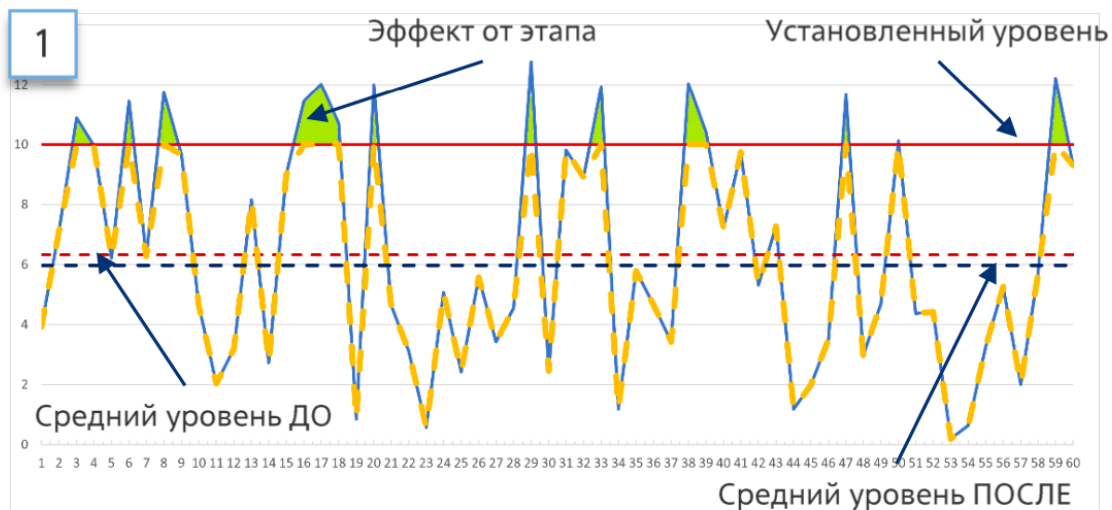
- Применена нейронная сеть для аппроксимации работы двигателя на основе данных датчиков

Пример замера тока (2 с.) после преобразования Фурье
data/0702 без перекосов фаза A.txt



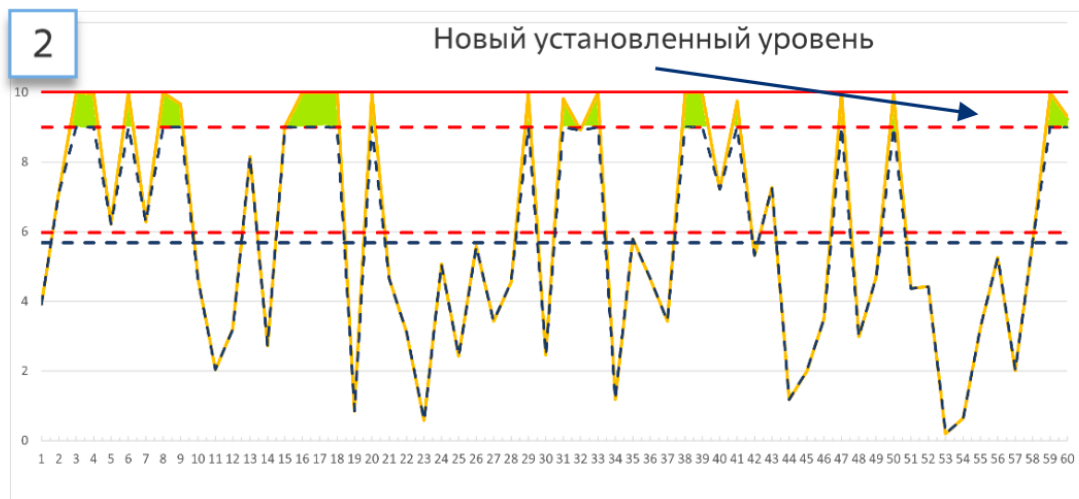
в 1,5 раза
прирост точности
прогноза
поломки по
сравнению с
базовым
решением





1 **Дисциплина**
Снижение брака до уровня установленного за счет обеспечения соблюдения технологической дисциплины

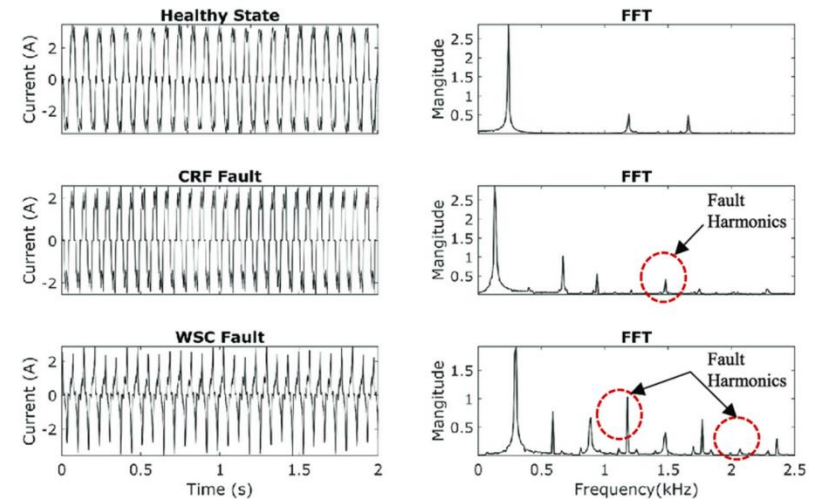
2 **Аналитика**
Общее снижение уровня брака за счет предиктивного анализа качества и применения рекомендованных технологических параметров на основе анализа данных по партиям с пониженным уровнем брака



3 **Оборудование**
Состояние оборудования:
- точность планирования ТОиР, взаимосвязь с производством,
- снижение объема ТО,
- влияние состояния оборудования на качество.

Вызов: данные

- Основа алгоритмов машинного обучения – данные.
- Данных всегда мало.
- Особенно мало данных поломок.
- Вывод – объединение физических моделей и машинного обучения:
 - Физически-информированные сети.
 - Модельно-зависимые функции потерь.
 - Экспериментальная аугментация.



Method	Accuracy (%)	F1-score
SGDA	99.45 ± 0.13	0.99 ± 0.02
AnomalyBERT	53.26 ± 1.23	0.52 ± 0.05
VAE-LSTM	59.12 ± 2.51	0.58 ± 0.07
SVM	55.13 ± 2.32	0.54 ± 0.01

Предиктивный мониторинг - методы

Задачи предиктивного мониторинга

- Мониторинг показателей показывает текущее состояние
- Изменение показателей соответствует динамике состояния системы
- Обнаружение изменений позволяет детектировать и предсказывать поломки, деградацию системы, разнообразные аномалии

Решение

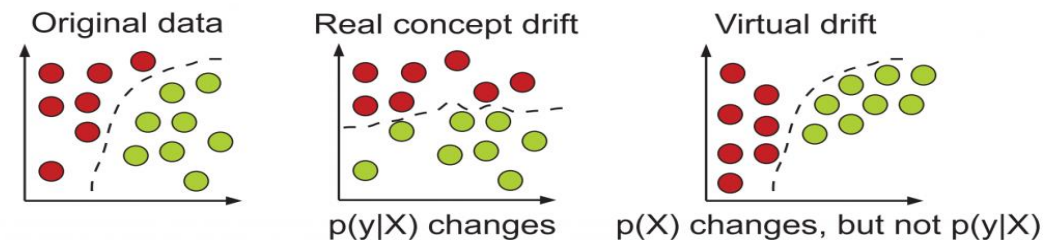
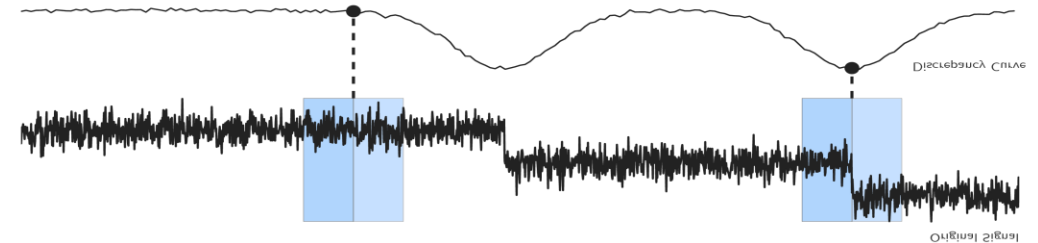
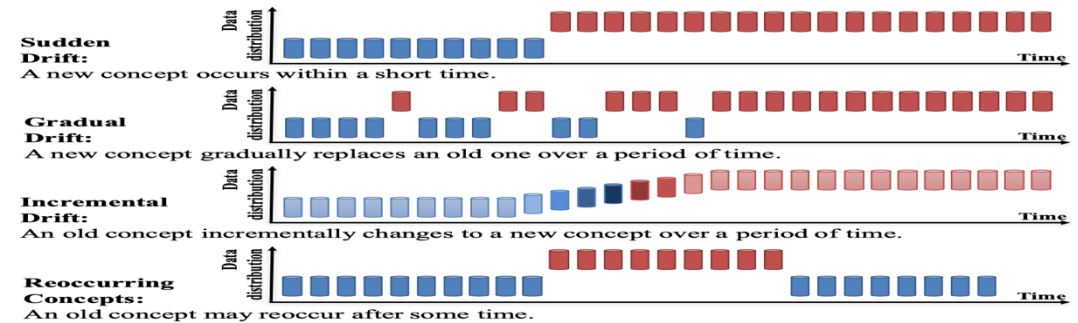
Методы обнаружения точек разладки во временных рядах.

Метод сканирования двумя окнами детектирует изменения характеристик потока входных данных. Алгоритмы машинного обучения, нейронные сети и статистические тесты гипотез:

- Детекция сдвига распределения потока данных (*data drift*)
- Детекция изменений зависимостей внутри данных (*concept drift*)

Кроме того они позволяют осуществлять

- Регулировка баланса точности и скорости обнаружения изменений входного потока данных
- Интерпретируемость результатов детектирования





Заключение

- Генеративное моделирование с помощью ИИ позволяет значительно расширить возможности обнаружения поломок в оборудовании.
- Основа работы системы – объединение машинного обучения и физических моделей.



Контакты

- Денис Александрович Деркач, PhD,
директор института ИИ по прикладным
исследованиям и разработкам

dderkach@hse.ru

@den_dee

