



Команда «НИИстовые»

Кейс «ИИ оптимизирует производство
атомного топлива»

РОСАТОМ



Цель работы: создать интеллектуальную систему управления производственными печами в части оптимизации времени простоя и максимизации использования ресурсов.

Задачи:

- формулирование задачи для оптимизируемого параметра;
- исследование данных и литературы для формирования множества подходов к решению задачи;
- реализация интеллектуального алгоритма распределения серий по доступным печам, учитывая характеристики и температурные режимы печей;
- разработка метрики для оценки качества алгоритма;
- разработка архитектуры интеллектуальной системы построения графика использования печей;
- реализация прототипа интеллектуальной системы построения графика использования печей.



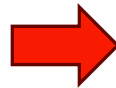


Проблемы в работе и выгода применения нашего решения

3

ПРОБЛЕМЫ

- **Отсутствие** оптимального алгоритма загрузки печей
- **Затраты** времени на ежедневное формирование плана загрузки печей
- **Невозможность** перестроить оперативное планирование в течении смены



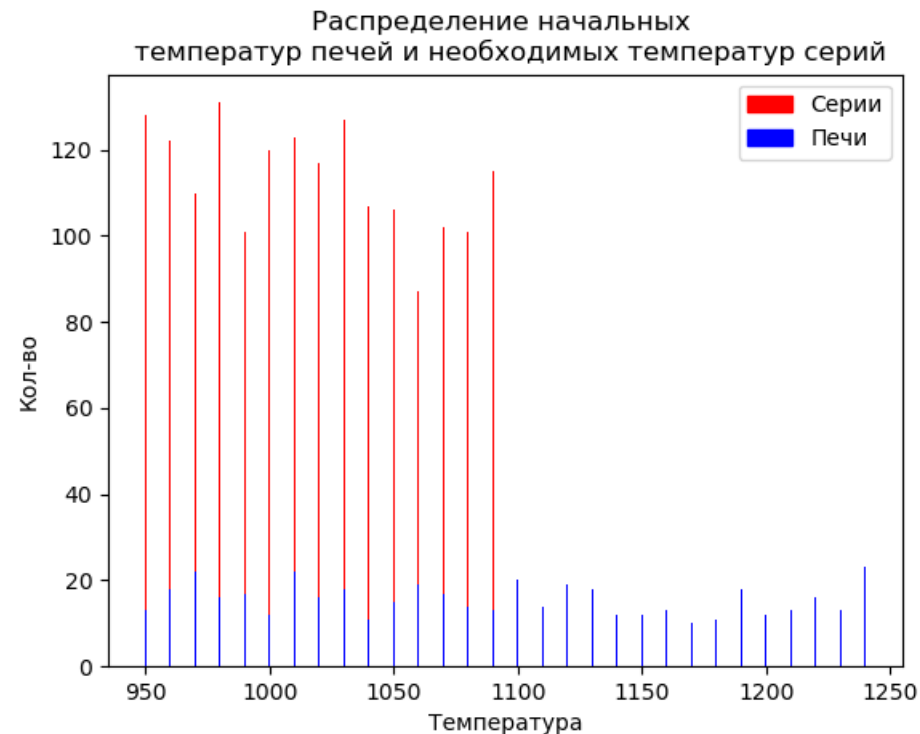
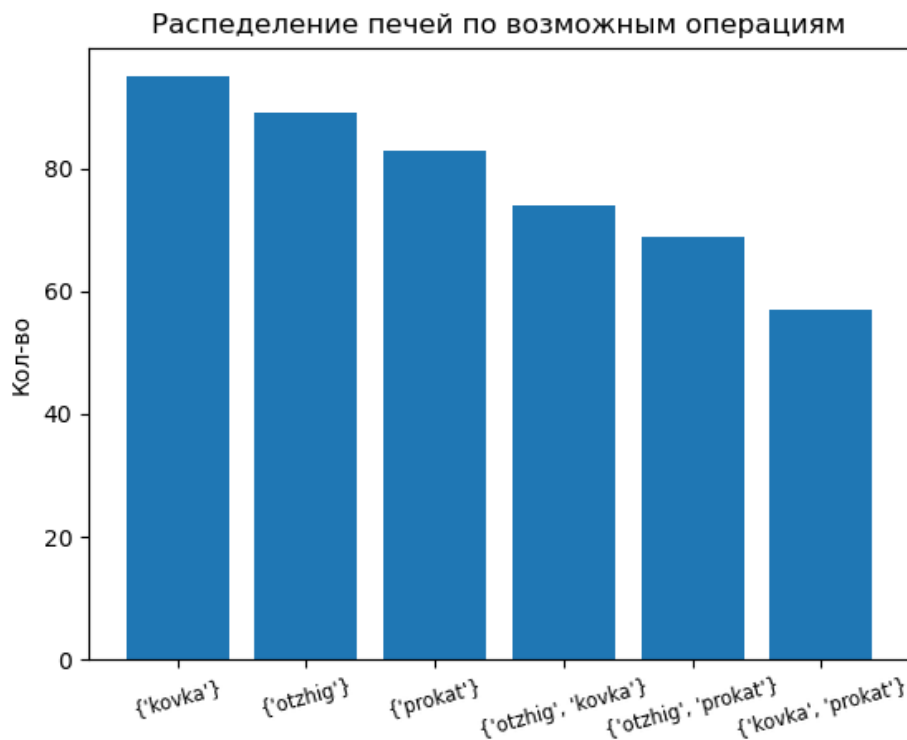
РЕЗУЛЬТАТ

- **Предложен** алгоритм распределения с использованием ϵ — жадного алгоритма для интеллектуального выбора печей
- **Быстрый** расчет и визуализация плана загрузки печей
- **Возможность** перерасчета плана загрузки печей в течении дня в зависимости от изменившихся условий



Исследование и общий анализ данных (EDA)

4



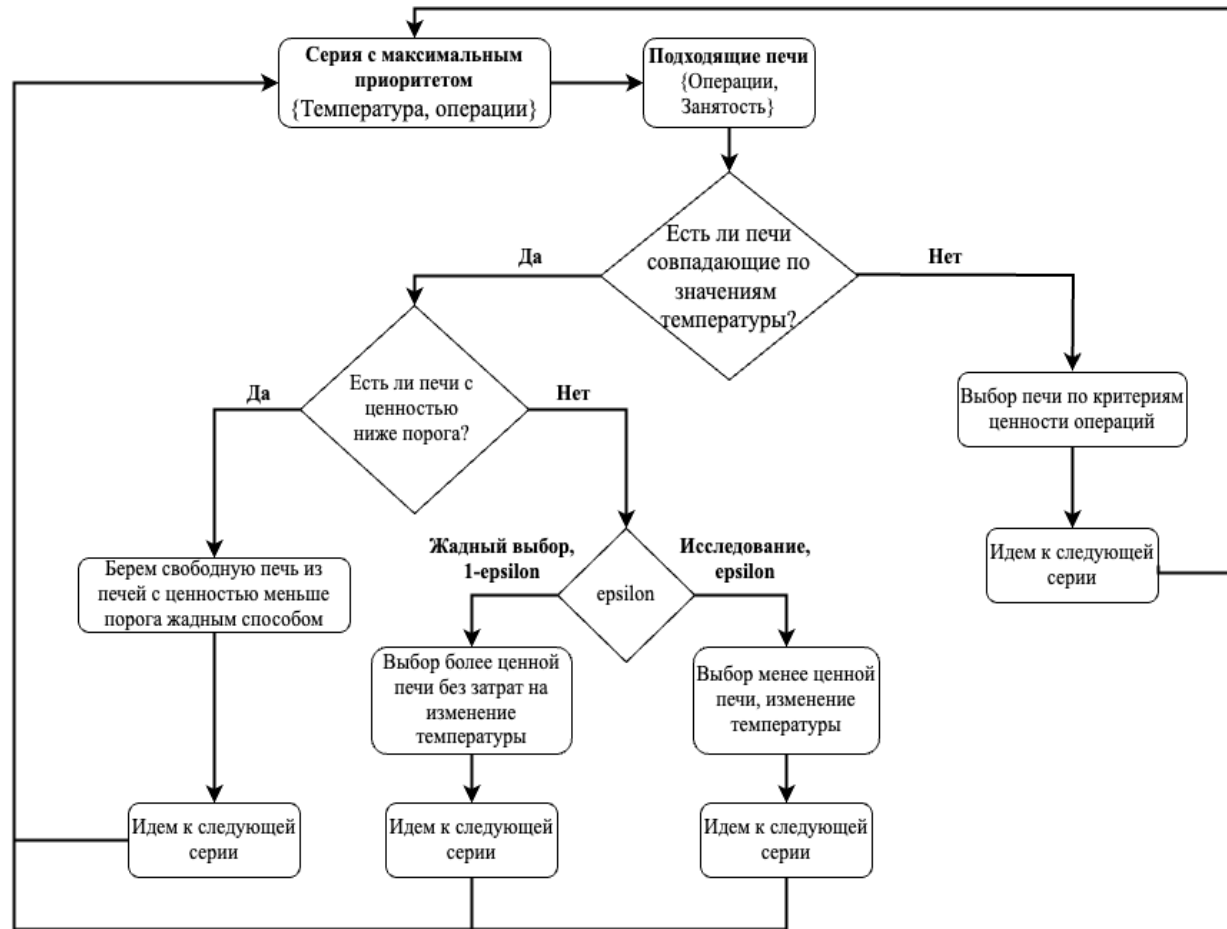
1. При выполнении *EDA* была получена статистика о количестве печей с уникальными операциями. В результате установлено, что печи с операцией 'kovka' наиболее распространенные, а с операцией 'prokat' наименее.

2. При анализе распределения количества начальных температур печей и распределения необходимых температур для серий, было выявлено, что у заметной части печей начальная температура находится выше, чем температура серий.



Алгоритм распределения серий по печам в конкретный день

5



В основе нашего подхода лежит ϵ – жадный алгоритм, который предполагает выбор наилучшего действия a с точки зрения сиюминутного вознаграждения (но, возможно, не оптимального на дистанции) с вероятностью $1 - \epsilon$ ($0 \leq \epsilon \leq 1$). При этом в качестве исследования с некоторой заданной вероятностью ϵ выбирается альтернативное доступное действие a' .

Таким образом, $P\{a|s\} = 1 - \epsilon$, $P\{a'|s\} = \epsilon$.

Ценность операций C_o – это отношение количества операций на день во всех сериях к количеству печей, которые могут выполнять данную операцию

$$C_o = \frac{\sum_{i=1}^n s_{io}}{\sum_{i=1}^m u_{io}},$$

где n – общее количество серий за текущий день;

m – общее количество печей;

$$s_{io} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{я серия требует выполнения операции } o; \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$u_{io} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{я печь может выполнять операцию } o; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$



Метрика качества работы алгоритма

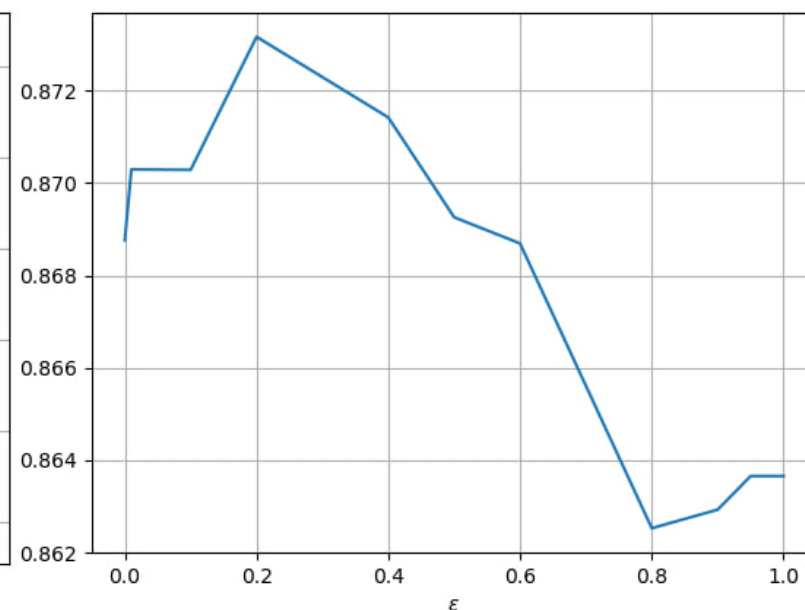
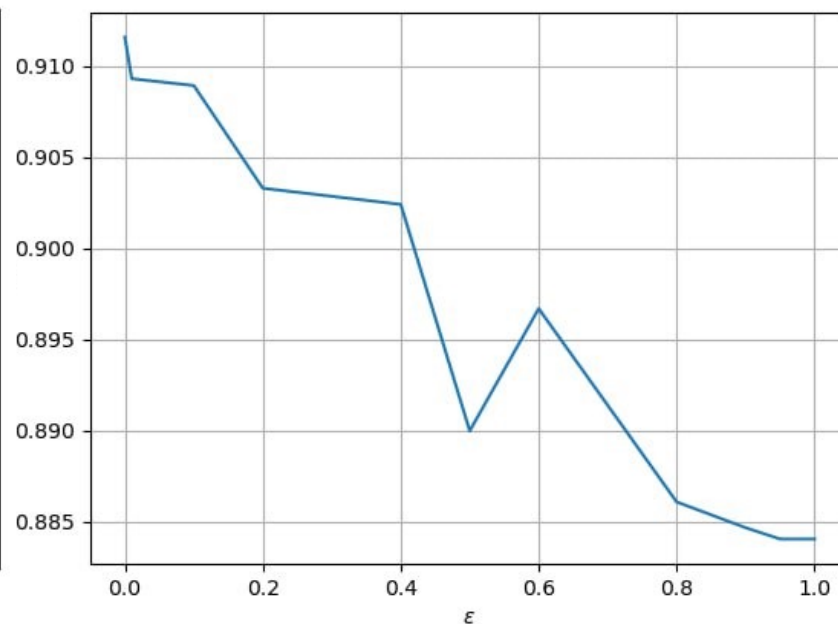
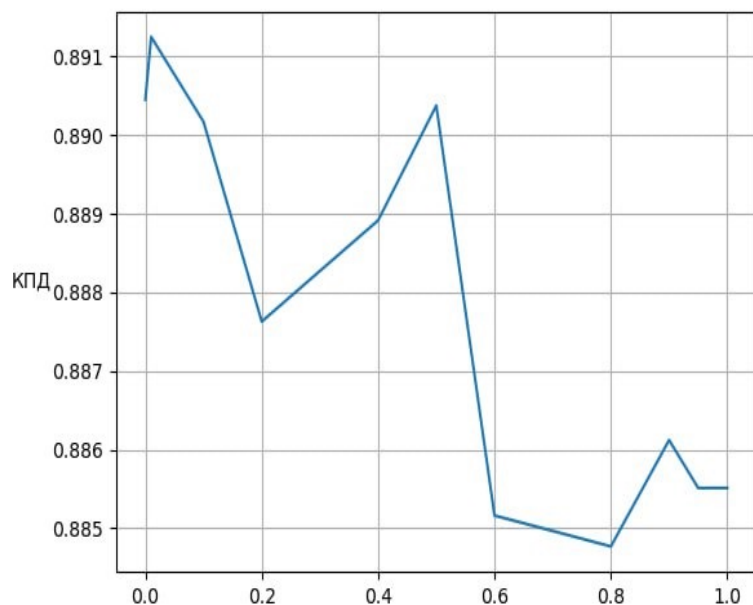
В качестве метрики качества используется **среднее КПД печей**, рассчитываемое по формуле:

$$\text{КПД} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\sum_{j=1}^{1440} w_j}{1440},$$

где m — общее количество печей;

$$w_j = \begin{cases} 1, & \text{если печь находилась в полезном состоянии в текущую минуту} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

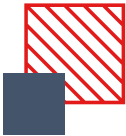
Печь находится в полезном состоянии, если она не простаивает и не нагревается/охлаждается до нужной температуры для дальнейшей работы. На слайде представлены графики зависимости КПД от выбранного значения ε для различных наборов серий и печей, рассчитанные по исходным данным.





- Язык программирования: *Python*
- VI-инструмент: *Superset*
- БД: *Clickhouse, Postgres*
(пользователи *SuperSet*), *Redis*
(Кэш)
- Обучение моделей: *JupyterLab*
- Хранилище моделей (*MLFlow + S3*)



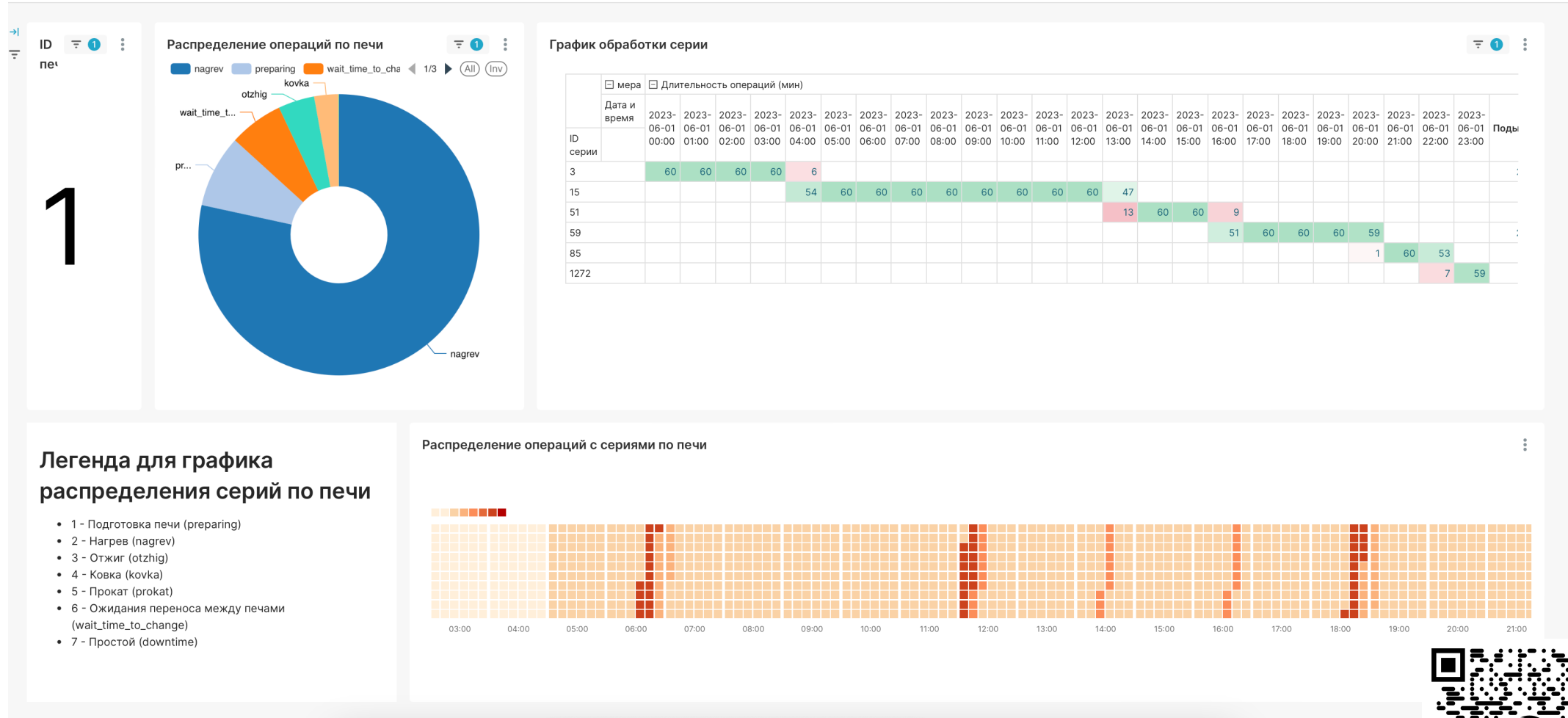


Пользовательский интерфейс системы

8

График загрузки печей ★ Опубликовано

РЕДАКТИРОВАТЬ ДАШБОРД





В части исследования:

- Использование продвинутых алгоритмов динамического программирования для поиска оптимального распределения серий по печам
- Использование улучшенных RL-алгоритмов
- Тестирование различных архитектур моделей

В части программного обеспечения:

- Добавление интеграционных механизмов взаимодействия с другими АСУ
- Автоматизация разворачивания (*CI/CD*)
- Расширение функционала дашбордов
- Добавление выгрузки отчетов



Состав команды

10



Максим
Кулагин

- ML-TeamLead
- @maksim_kulagin
- +7(999)114-50-52



Сергей
Михайлов

- ML-инженер
- @s_mikhailov_1
- +7(926)537-00-37



Герман
Янченко

- ML-инженер
- @xQQzme
- +7(921)107-36-56



Константин
Дьячков

- ML-инженер
- @diachkov1415
- +7(981)557-41-40



Алексей
Трушников

- MLOps
- @Twinshape
- +7(902)269-35-45