

команда

something went wrong



РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Оптимизация процесса планирования закупки топлива на электростанциях на основе прогнозирования объемов его расхода и цены

19.11.2024

Команда

something went wrong



**Дарья
Черешнюк**

Разработка моделей
прогнозирования и
интерфейса



**Софья
Ребрилова**

Проведение анализа
имеющихся данных



**Екатерина
Глазунова**

Разработка модели
оптимизации закупок

Постановка задачи и организация работы

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание и развитие модели для прогнозирования объемов расхода условного топлива для осуществления аналитической поддержки и повышения качества управленческих решений на этапе планирования закупок.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ



Подходы к формированию выборки

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

сбор статистической информации и заполнение пропусков методами машинного обучения



**АТРИБУТЫ
СТАНЦИЙ**



**ПОГОДНЫЕ
ФАКТОРЫ**

сбор погоды ближайших городов при отсутствующих данных и применение сценарного подхода

сбор статистической информации о нагрузке состава и прогнозирование по турбинам



**АТРИБУТЫ
СОСТАВА**



**ЦЕНОВЫЕ
ФАКТОРЫ**

сбор статистической информации по ценам и формирование цен «месяц-вперёд» на условное топливо

Итоговый набор факторов

Характеристики станции:

- максимальная нагрузка станции;
- удельный расход топлива на отпуск тепла \mathcal{S} ;
- удельный расход топлива на собственные нужды \mathcal{S} ;
- среднесуточная выработка э/э и тепла \mathcal{S} ;
- среднесуточный расход условного топлива на э/э и тепло \mathcal{S} ;
- среднесуточный отпуск с шин \mathcal{S} ;
- среднесуточные собственные нужды на отпуск э/э и тепла \mathcal{S} .

Характеристики состава:

- количество установок в составе;
- минимальная допустимая нагрузка состава;
- максимальная допустимая нагрузка состава;
- среднесуточный запас мощности состава \mathcal{S} ;
- среднесуточные нагрузки состава \mathcal{S} ;
- среднесуточное время работы состава на полную и минимальную мощности \mathcal{S} .

Погодные факторы:

- среднесуточная температура воздуха;
- эффективная температура воздуха;
- минимальная суточная температура;
- максимальная суточная температура;
- количество осадков;
- среднесуточная скорость ветра;
- «газовый сезон»;
- продолжительность холодного времени суток;
- продолжительность теплого времени суток.

Ценовые факторы:

- среднесуточная «выручка» станции \mathcal{S} ;
- цена «месяц-вперёд» на условное топливо.

\mathcal{S} – статистическая информация во времени

Модели прогнозирования

- наивные подходы;
- линейная регрессия;
- **гамма-регрессия;**
- **метод опорных векторов;**
- Prophet;
- SARIMA, AR-Net, DeepAR;
- бимодальные сети;
- **случайный лес;**
- градиентный бустинг.

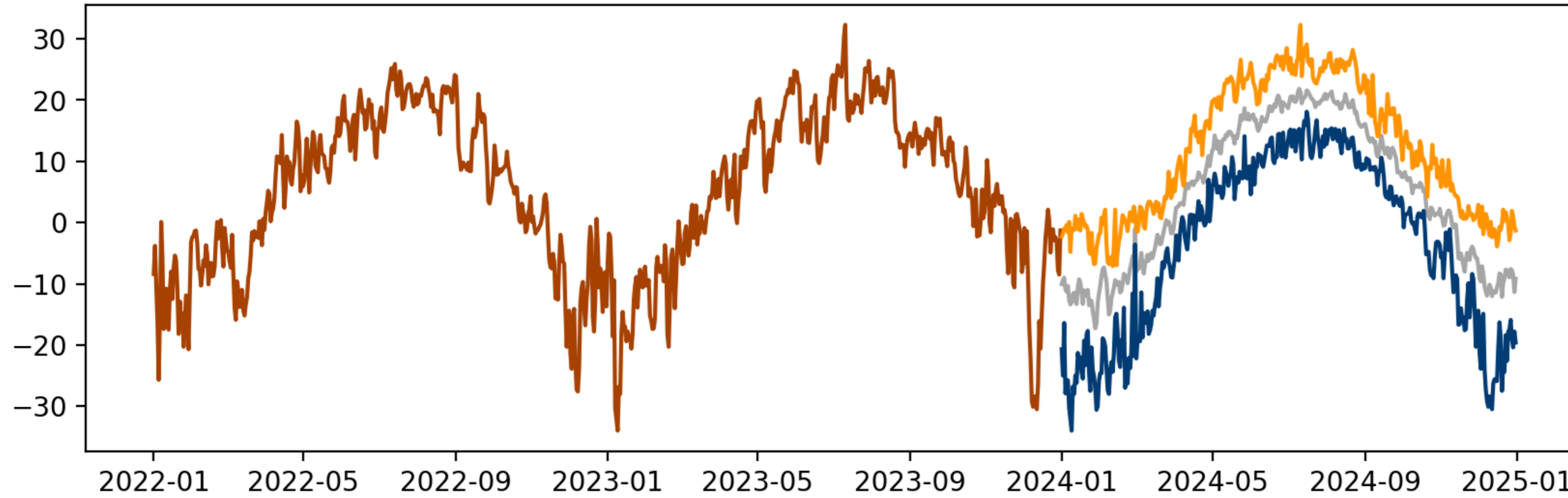
Обучение: январь 2022 – апрель 2023

Контроль: май 2023 – декабрь 2023

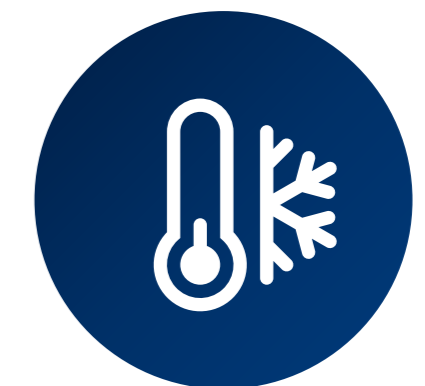
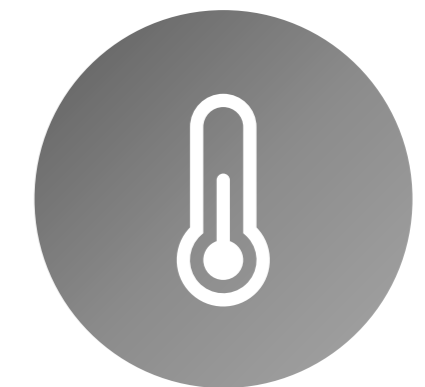
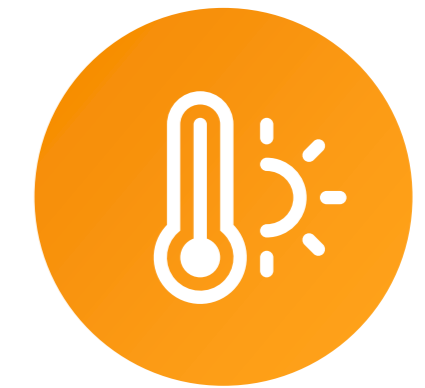
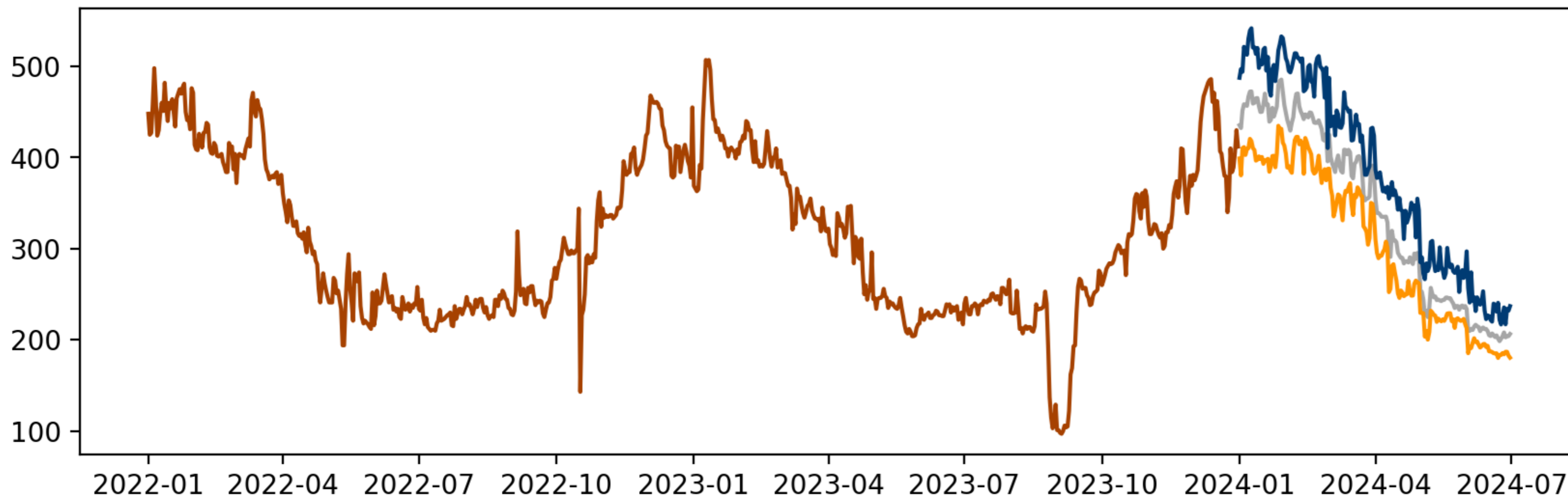
	RMSE	MAE	MAPE
Наивный прогноз	894.3	492.9	25.2%
Прогнозирование для турбин	584.7	388.8	19.4%
Метод опорных векторов	352.8	205.4	9.1%
Случайный лес	357.4	203.5	9.0%
Композиция моделей	339.5	189.9	8.3%

Погодные факторы: прогноз

Сценарии прогноза температуры воздуха для станции «Стильная»



Расход условного топлива на отпуск тепла на станции «Стильная»

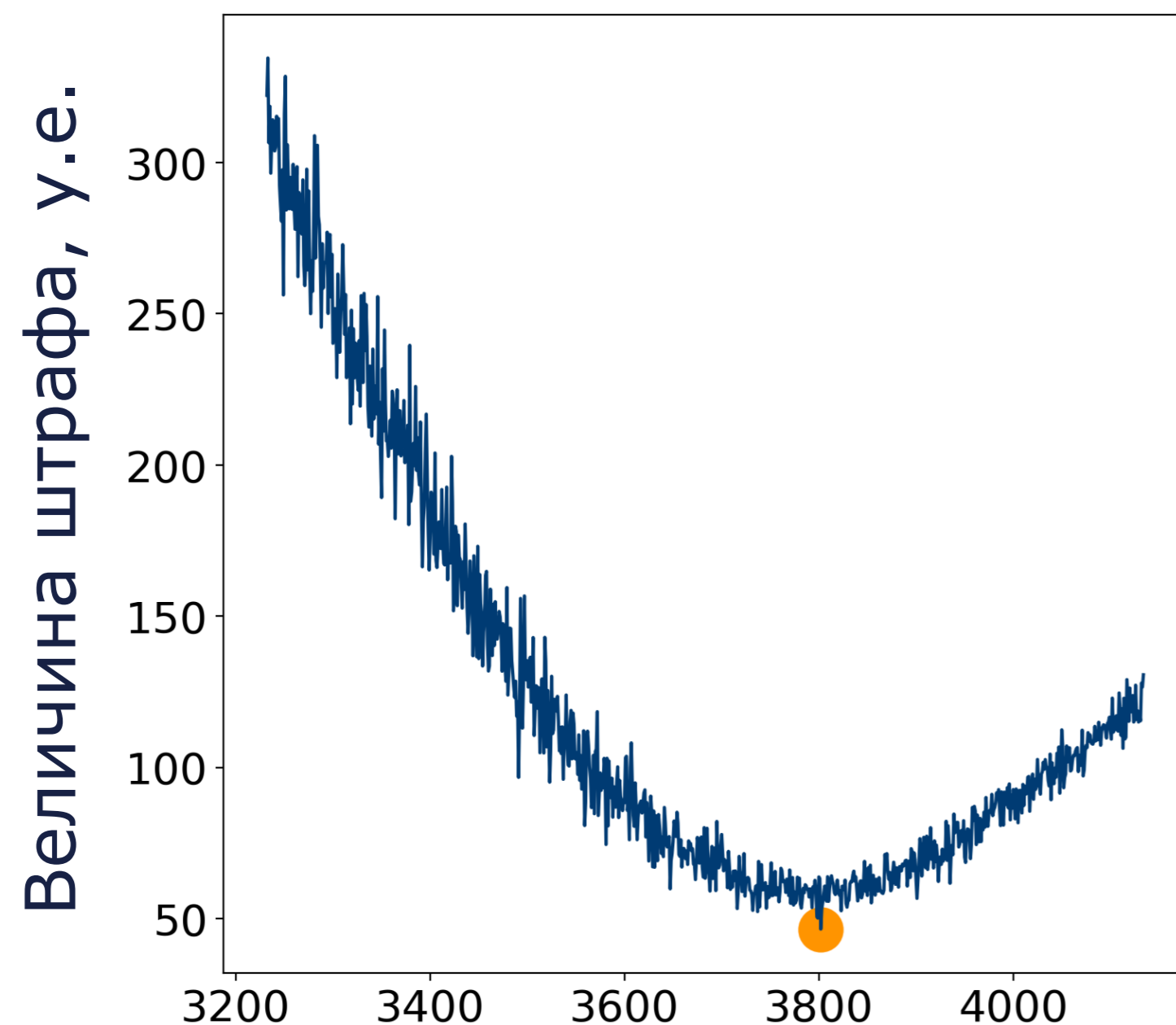


Оптимизация закупок

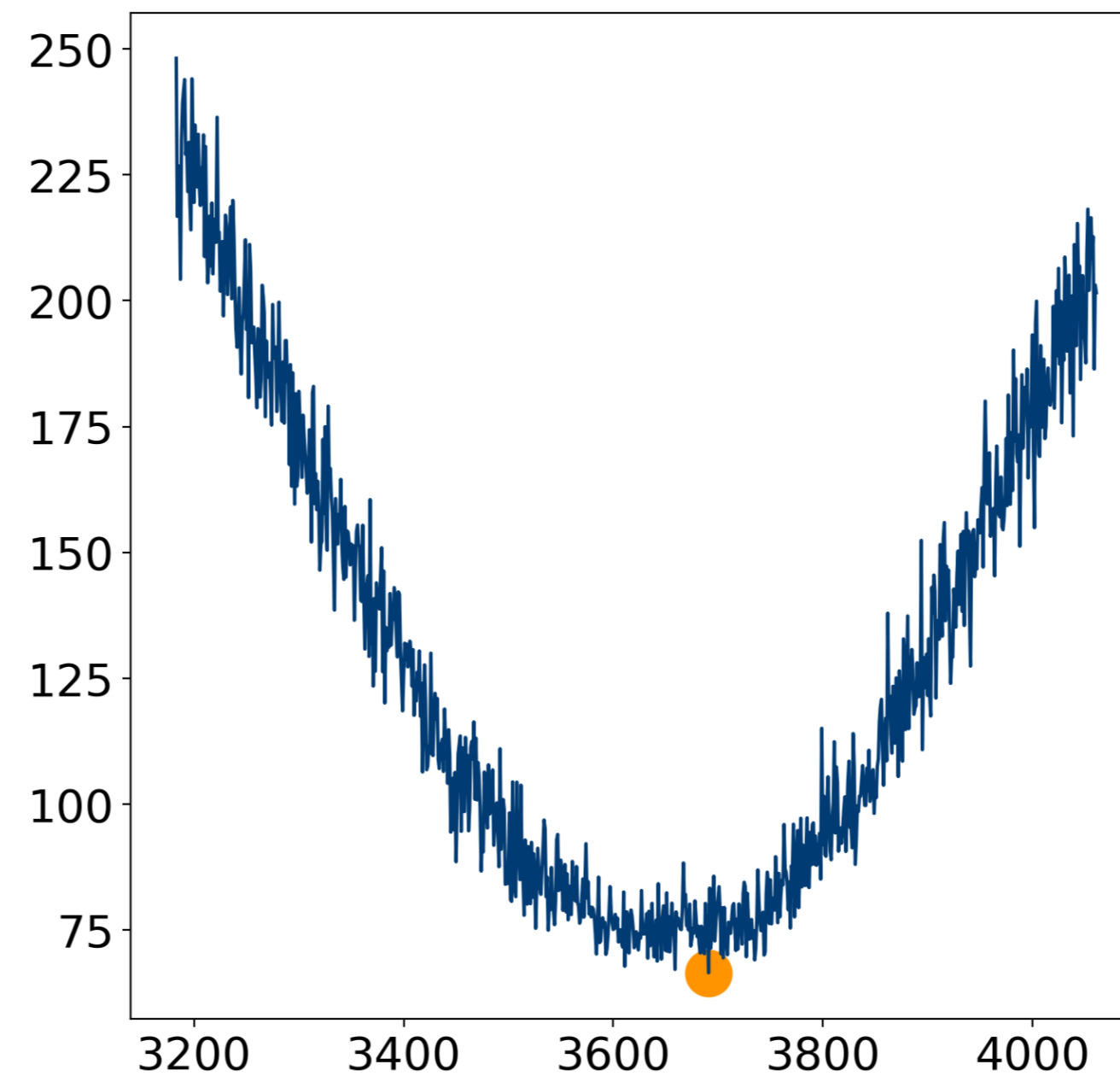
Определение оптимального объема условного топлива производится **методом Монте-Карло** на основе возможной ошибки модели прогнозирования и коэффициента штрафа $w \in [0; 1]$:

- при $w < 0.5$ – большой штраф за занижение прогноза (риск нехватки топлива);
- при $w > 0.5$ – большой штраф за завышение прогноза (риск сокращения поставок).

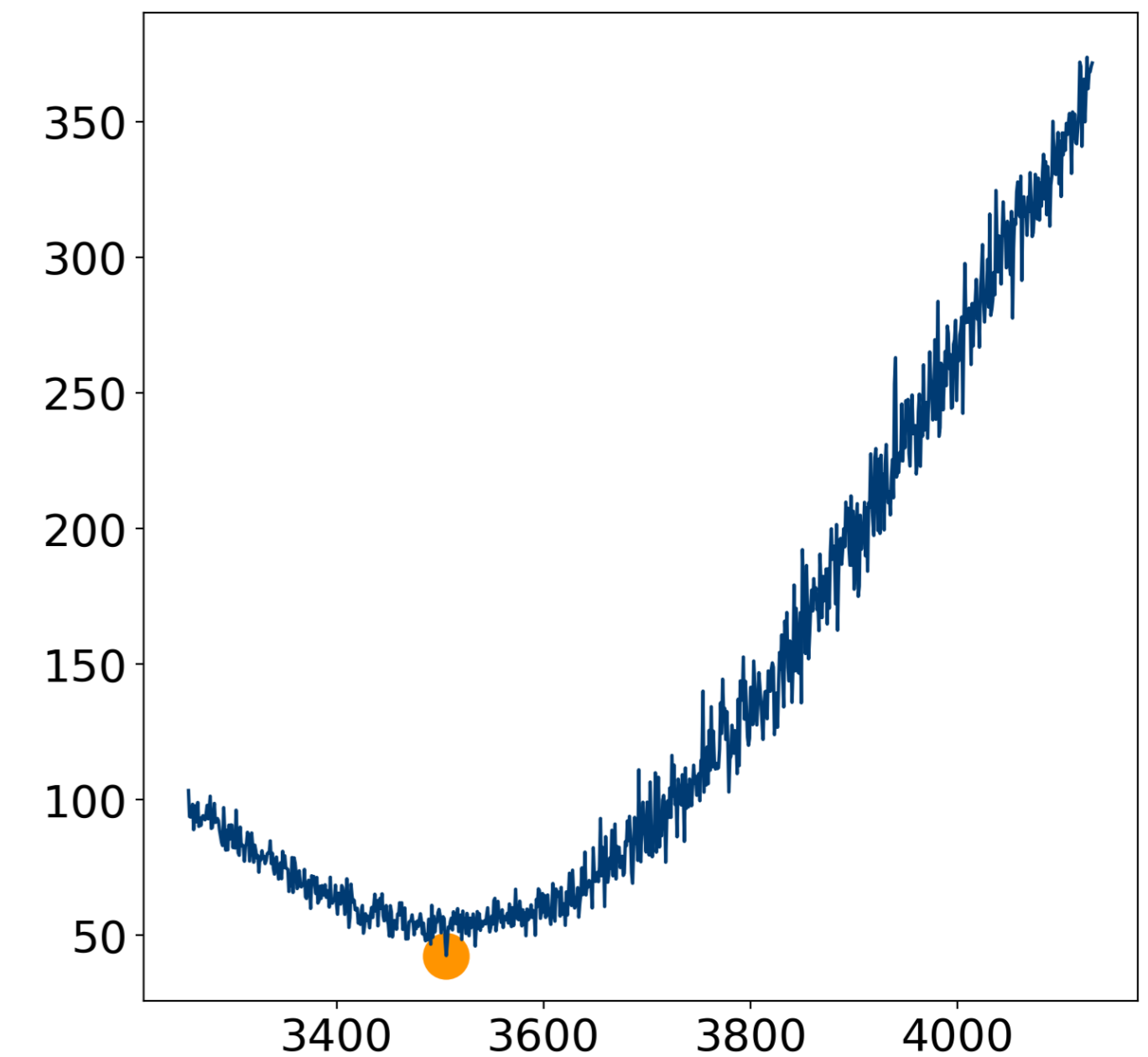
$w = 0.25$



$w = 0.5$



$w = 0.75$



Объём условного топлива

Интерфейс для работы

Расход условного топлива на отпуск электроэнергии

Пояснение к оценке прогнозного интервала

Козырная Любимая **Моя** Четверка Беспонтовая Старая Новая Стильная Модная

Вид прогноза
Числовые данные

Дата	Прогноз при норме температуры	При высокой температуре	При низкой температуре
2024-01-01	1,213.38	1,212.14	1,214.17
2024-01-02	1,207.19	1,207.38	1,205.87
2024-01-03	1,209.17	1,207.54	1,212.36
2024-01-04	1,228.94	1,224.36	1,230.11
2024-01-05	985.92	989.51	984.25
2024-01-06	1,224.71	1,221.97	1,221.64
2024-01-07	973.79	977.33	970.9
2024-01-08	971.98	978.47	968.6
2024-01-09	1,228.02	1,221.11	1,220.62
2024-01-10	1,230	1,225.32	1,227.84

Расход условного топлива на отпуск тепла

Пояснение к оценке прогнозного интервала

Козырная Любимая **Моя** Четверка Беспонтовая Старая Новая Стильная Модная

Вид прогноза
График

Прогноз расхода условного топлива на отпуск тепла, Козырная

Дата на прогноз: 2024/01/11 Сценарий: Высокая температура воздуха

Состав оборудования:

Станция	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Козырная	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Любимая	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Моя	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Четверка	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Беспонтовая	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Старая	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Новая	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Стильная	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Модная	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Укажите предпочтения для оптимизации закупок:

0.00 1.00

Получить прогноз Интерпретация прогноза

Состав оборудования Результаты прогнозирования **Рекомендации по закупке**

Задан большой коэффициент штрафа за завышение прогноза

Козырная	Любимая	Моя
5007.00 ↓ -135.76	3182.00 ↓ -50.70	1811.00 ↓ -34.83
Четверка	Беспонтовая	Старая
2137.00 ↓ -36.73	1500.00 ↓ -47.18	2364.00 ↓ -35.40
Новая	Стильная	Модная
2322.00 ↓ -38.83	1440.00 ↓ -36.19	2549.00 ↓ -51.75

Состав оборудования **Результаты прогнозирования** Рекомендации по закупке

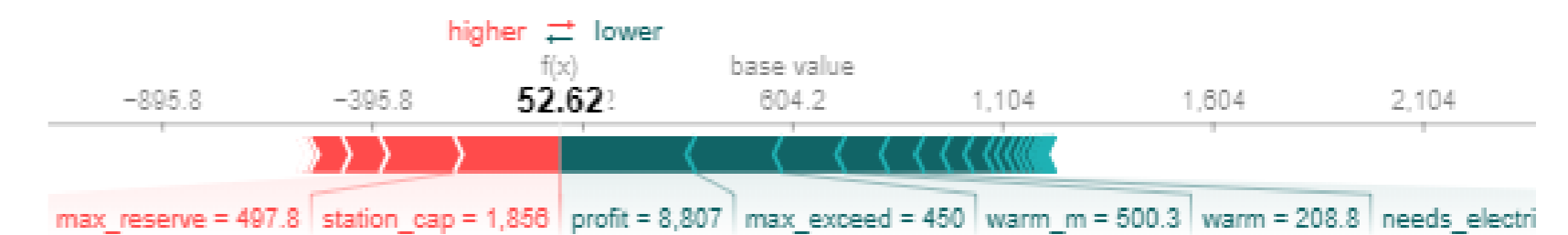
Станция	Расход на отпуск э/э	Расход на отпуск тепла	Общий расход условного топлива
Козырная	5090.14	52.62	5142.76
Любимая	1545.25	1687.45	3232.70
Моя	475.85	1369.98	1845.83
Четверка	1123.30	1050.42	2173.73
Беспонтовая	721.70	825.48	1547.18
Старая	1055.43	1343.97	2399.40
Новая	1168.98	1191.85	2360.83
Стильная	1067.98	408.22	1476.19
Модная	2399.98	200.77	2600.75

Козырная

Расход топлива на отпуск электроэнергии



Расход топлива на отпуск тепла



Преимущества финального решения



Возможность долгосрочного прогнозирования при заданном составе оборудования и различных погодных сценариях

Оценка прогнозного интервала и определение оптимального объема закупок с помощью метода Монте-Карло на основе предпочтений пользователя



Возможность интерпретации результатов моделей прогнозирования, масштабируемость моделей за счет использования композиции моделей различной природы

Возможности для улучшения

ОТСУТСТВИЕ ИНФОРМАЦИИ

- исторические погодные данные за 10 лет по некоторым станциям;
- данные о составе оборудования более чем за 3 месяца;
- характеристики некоторых турбин;
- цены т.у.т. на июль.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

- добавление прогноза погоды для получения более точного краткосрочного прогноза при планировании состава оборудования;
- добавление иных характеристик станции и установленного оборудования (например, типов турбин).

Разработанный интерфейс



Доступный функционал

- **Визуализация сценарного прогноза**
- **Получение прогноза при заданных сценарии и составе оборудования**
- **Интерпретация работы модели прогнозирования**
- **Получение рекомендаций по закупке на основе оптимизации штрафа**

**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ**

something went wrong team