

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ
КОНДЕНСАЦИОННЫХ
ЭНЕРГООБЛОКОВ
В ОЭС СИБИРИ И ОЭС УРАЛА



Евсеенко Павел Николаевич

Новосибирский государственный технический университет

I. Введение

Балансовая надежность – это способность энергосистемы обеспечивать совокупную потребность в электрической мощности и энергии потребителей с учетом ограничений в виде плановых и unplanned отключений элементов энергосистемы, ограничений на поставку энергоресурсов.

Надежность электроснабжения определяется рядом факторов:

Факторы, связанные с режимом электропотребления – случайные изменения спроса на электроэнергию и мощность, связанные со случайным характером технологических процессов, человеческой деятельности, климатических отклонений и др.

Факторы, связанные с генерирующими мощностями



- Основные причины аварий на электрических станциях, установленной мощностью 25 МВт и выше

I. Введение

- Как повысить балансовую надежность энергосистемы?
- Почему однотипное генерирующее оборудование в разные ОЭС имеет разную аварийность?
- Как топливный баланс электростанций влияет на надежность генерирующего оборудования?



Для поиска значимых параметров, влияющих на аварийность генерирующего оборудования может быть использован

многомерный анализ данных

II. Теория.

Набор данных

Использовалась информация по 127 конденсационным энергоблокам:

- 62 расположены в ОЭС Сибири
- 65 расположены в ОЭС Урала



характеристики энергоблоков:

- территориальное расположение;
- температуры наружного воздуха (справочные значения для соответствующих территориальных энергосистем для зимы и лета);
- тип турбины;
- марка турбины;
- год ввода в эксплуатацию;
- установленная мощность;
- располагаемая мощность;
- технический минимум в процентах от установленной мощности;
- основной вид топлива;
- тариф на электрическую энергию, установленный для энергоблока;
- тариф на мощность, установленный для энергоблока;
- число часов нахождения энергоблока в ремонтах (капитальных, средних и текущих) в году (статистика за 10 лет наблюдения);
- аварийность энергоблока (статистика за 10 лет наблюдения)

II. Теория. Расчетная модель

В качестве инструмента исследования выбраны методы **корреляционного** и **факторного анализа**, которые применены с использованием библиотеки sklearn на языке программирования Python 3.10

- **Корреляционный анализ** – это статистический метод, используемый для оценки степени линейной зависимости между двумя или более переменными.

Формула для расчета коэффициента корреляции

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

Пирсона:
где: x_i, y_i – значения переменных X и Y,
 \bar{x}, \bar{y} – средние значения переменных X и Y,
 \sum – сумма по всем наблюдениям

- **Факторный анализ** – это многомерный статистический метод, используемый для выявления скрытых зависимостей в данных.

Факторные нагрузки рассчитываются:

$$\lambda_{ij} = \sqrt{\lambda_j} \cdot V_{ij}$$

где: λ_j – собственное значение для фактора j,
 V_{ij} – элемент собственного вектора для переменной i и фактора j

III. Результаты корреляционного анализа

Матрица взаимосвязи параметров для конденсационных энергоблоков

	Fuel_type	Build	P_inst	P_avail	P_inst_min	Repair_major	Repair_middle	Repair_current	Middle_repair_time	Middle_work_time	Accident_rate	T_out_min	T_out_max	T_out_avg	Rate_ee	Rate_power
Fuel_type	1	-0,16	-0,33	-0,33	0,06	0,05	-0,05	-0,05	-0,03	0,03	0,33	-0,02	-0,14	0,16	-0,55	0,28
Build	-0,16	1	0,49	0,49	0,21	0,39	0,47	0,37	0,40	-0,40	-0,23	-0,10	-0,07	-0,14	-0,17	-0,14
P_inst	-0,33	0,49	1	1	-0,01	0,32	0,5	0,59	0,52	-0,52	0,03	-0,01	-0,16	-0,27	-0,14	-0,28
P_avail	-0,33	0,49	1	1	0	0,32	0,5	0,59	0,51	-0,51	0,03	-0,01	-0,16	-0,27	-0,14	-0,28
P_inst_min	0,06	0,21	-0,01	0	1	0,11	0,09	-0,03	0,03	-0,03	0,08	0,28	-0,32	-0,29	-0,25	-0,64
Repair_major	0,05	0,39	0,32	0,32	0,11	1	0,97	0,9	0,96	-0,96	-0,13	-0,63	-0,42	-0,54	-0,63	-0,09
Repair_middle	-0,05	0,47	0,50	0,50	0,09	0,97	1	0,96	0,99	-0,99	-0,17	-0,54	-0,4	-0,54	-0,57	-0,14
Repair_current	-0,05	0,37	0,59	0,59	-0,03	0,9	0,96	1	0,99	-0,99	-0,11	-0,51	-0,37	-0,49	-0,51	-0,09
Middle_repair_time	-0,03	0,40	0,52	0,51	0,03	0,96	0,99	0,99	1	-1	-0,13	-0,56	-0,39	-0,52	-0,56	-0,10
Middle_work_time	0,03	-0,4	-0,52	-0,51	-0,03	-0,96	-0,99	-0,99	-1	1	0,13	0,56	0,39	0,52	0,56	0,1
Accident_rate	0,33	-0,23	0,03	0,03	0,08	-0,13	-0,17	-0,11	-0,13	0,13	1	0,05	-0,2	-0,04	-0,27	-0,11
T_out_min	-0,02	-0,10	-0,01	-0,01	0,28	-0,63	-0,54	-0,51	-0,56	0,56	0,05	1	0,40	0,54	0,31	-0,5
T_out_max	-0,14	-0,07	-0,16	-0,16	-0,32	-0,42	-0,4	-0,37	-0,39	0,39	-0,2	0,40	1	0,91	0,47	0,20
T_out_avg	0,16	-0,14	-0,27	-0,27	-0,29	-0,54	-0,54	-0,49	-0,52	0,52	-0,04	0,54	0,91	1	0,37	0,23
Rate_ee	-0,55	-0,17	-0,14	-0,14	-0,25	-0,63	-0,57	-0,51	-0,56	0,56	-0,27	0,31	0,47	0,37	1	0,12
Rate_power	0,28	-0,14	-0,28	-0,28	-0,64	-0,09	-0,14	-0,09	-0,10	0,10	-0,11	-0,50	0,20	0,23	0,12	1

Наименование признака	Единицы измерения	Обозначение признака
Установленная мощность энергоблока	МВт	P_inst
Располагаемая мощность энергоблока	МВт	P_avail
Год ввода в эксплуатацию энергоблока	-	Build
Тип основного топлива	уголь/газ	Fuel_type
Технический минимум энергоблока в процентах от его установленной мощности	%	P_inst_min
Число часов капитальных ремонтов энергоблока в год	ч	Repair_major
Число часов средних ремонтов энергоблока в год	ч	Repair_middle
Число часов текущих ремонтов энергоблока в год	ч	Repair_current
Число часов работы энергоблока в год	ч	Middle_work_time
Число часов ремонтов энергоблока (капитальных, средних и текущих) в году	ч	Middle_repair_time
Аварийность - определяется как отношение числа часов нахождения энергоблока в аварийных ремонтах к числу часов его работы в году	%	Accident_rate
Температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92	°С	T_out_min
Температуры наружного воздуха теплого периода с обеспеченностью 0,98	°С	T_out_max
Температура наружного воздуха наиболее теплого летнего месяца	°С	T_out_avg
Тарифная ставка на электроэнергию, установленная для энергоблока	руб./(МВт*ч) (без НДС)	Rate_ee
Тарифная ставка на мощность, установленная для энергоблока	руб./МВт. в месяц (без НДС)	Rate_power

III. Результаты факторного анализа

В процессе PCA-анализа (метод главных компонент) основные признаки преобразуются в новое признаковое пространство.

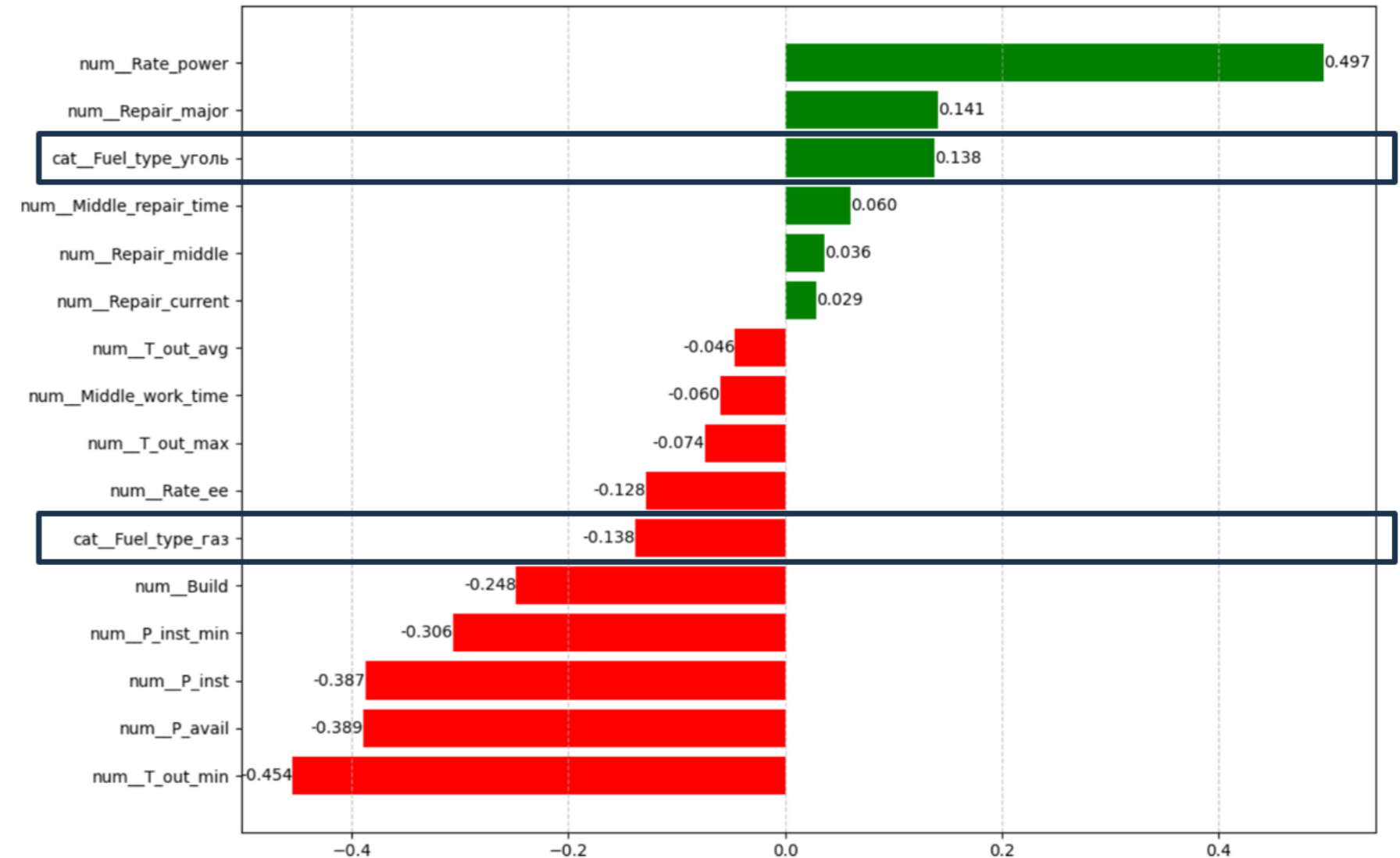
Эти компоненты позволяют определить наибольшую дисперсию в данных, при этом ранжируя признаки по их важности.

- признак `cat_Fuel_type_уголь` (категориальный признак, который характеризует тип топлива - **уголь**) имеет положительное значение (**0.138**), это означает, что при работе на угле увеличивается аварийность энергоблока.

- признак `cat_Fuel_type_gas` (категориальный признак, который характеризует тип топлива - **газ**), имеет отрицательное значение **-0.138**, при работе на газе уменьшается аварийность энергоблока.

- аварийность энергоблока

Степень влияния параметров на аварийность для конденсационных энергоблоков



IV. Выводы

- Максимальное значение коэффициента корреляции Пирсона наблюдается между параметрами аварийности и типом используемого энергоблоком топлива и равняется **0,33**, что говорит о наличии между этими двумя признаками умеренной линейной зависимости.
- Проведенный РСА-анализ показал, что при работе энергоблока на **угле** его **аварийность увеличивается**, а при работе на **газе** – **снижается**.
- Также можно наблюдать линейную зависимость, но с меньшей степенью связи, между параметрами аварийности и года ввода энергоблока в эксплуатацию – **0,23**, что говорит о влиянии возраста генерирующего оборудования на его надежность.
- Аварийность газовых энергоблоков в **2,4 раза** ниже по сравнению с угольными (средняя **аварийность** газовых энергоблоков – **2,7 %** против **6,4 %** на **угольных**).

IV. Заключение

- Данный анализ показывает, что **тип топлива** оказывает важное влияние на **аварийность** энергоблоков, а также указывает на критические признаки, которые стоит рассмотреть для оптимизации их работы и повышения надежности.
- Полученные результаты анализа могут быть использованы при разработке предложений, направленных на **повышение балансовой надежности энергосистем**.
- **Продолжением настоящего исследования** может стать проведение аналогичного анализа по электростанциям с тепловыми турбинами различных типов, а также исследование аварийности электростанций ОЭС Востока и ОЭС западной части ЕЭС России.



Спасибо за

внимание

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ
КОНДЕНСАЦИОННЫХ
ЭНЕРГООБЛОКОВ
В ОЭС СИБИРИ И ОЭС УРАЛА



Евсеенко Павел Николаевич

Новосибирский государственный технический университет