Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина
Уральский энергетический институт

Технологии интеллектуального моделирования и анализа данных в задачах управления жизненным циклом электросетевого оборудования

Хальясмаа А.И.
канд. техн. наук,
доцент каф. АЭС УрФУ

Москва, 2018

Актуальность

Высокий износ электрооборудования

Взаимосвязь и взаимное влияние элементов ЭЭС

Переход от системы ППР к оценке по фактическому состоянию

Автоматизация процессов обработки и анализа данных

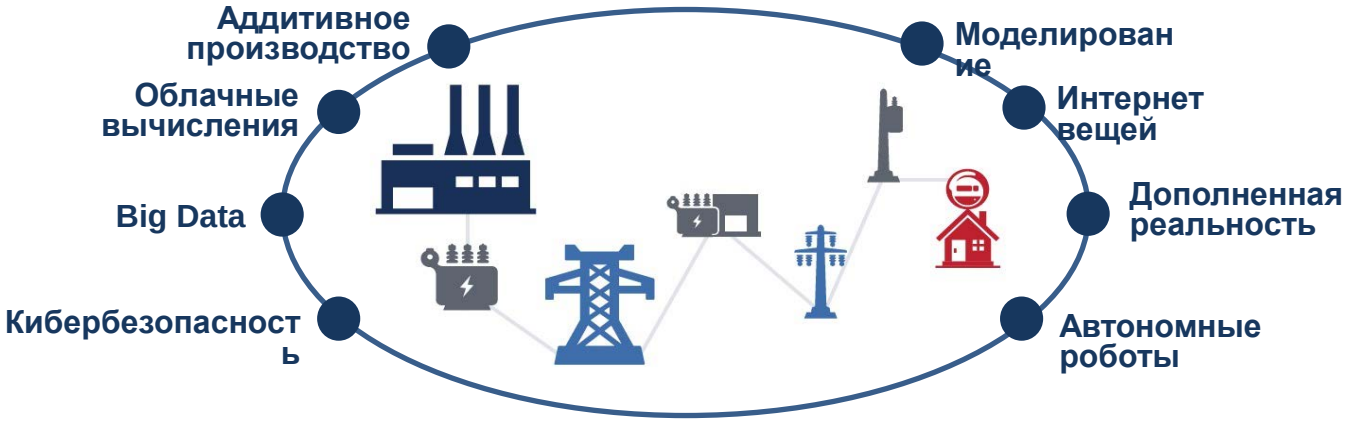
Интеллектуализация и цифровизация энергосистемы

Оптимизация управления электросетевыми активами

Адаптивная система управления и прогнозирования жизненного цикла оборудования

Актуальность

- Теория нечетких множеств
- Искусственные нейронные сети
- Генетические алгоритмы
- Решающие деревья и их ансамбли
- Метод k-средних
- Наивная байесовская классификация
- Метод опорных векторов



Цели и задачи

Предмет исследования - жизненный цикл электросетевого оборудования на основе его интегральной оценки технического состояния на базе методов глубокого машинного обучения.

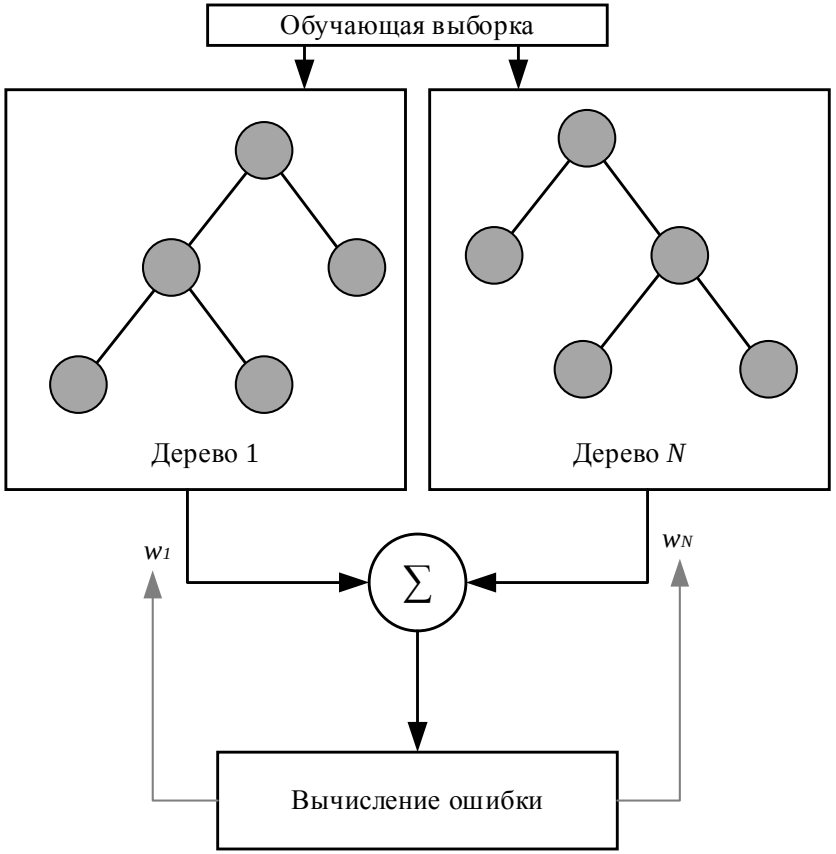
Цель работы – совершенствование системы управления и прогнозирования жизненного цикла оборудования электроэнергетических систем с применением интеллектуальных методов обработки информации, формализации знаний и опыта экспертов, а также автоматизации процесса принятия решений.

Получение технически-обоснованных решений по эксплуатации электросетевого оборудования, управлению и прогнозированию его жизненного цикла на базе разработанной системы с применением интеллектуальных методов обработки информации.

Возможность самообучения и самонастройки разработанной системы с сохранением алгоритма работы при изменении параметров оборудования, а также использовании для новых типов оборудования.

Выявление скрытых закономерностей в статистических данных о состоянии и режимов работы оборудования для оптимизации формирования и регулирования эксплуатации, ремонтных и инвестиционных программ энергетических предприятий.

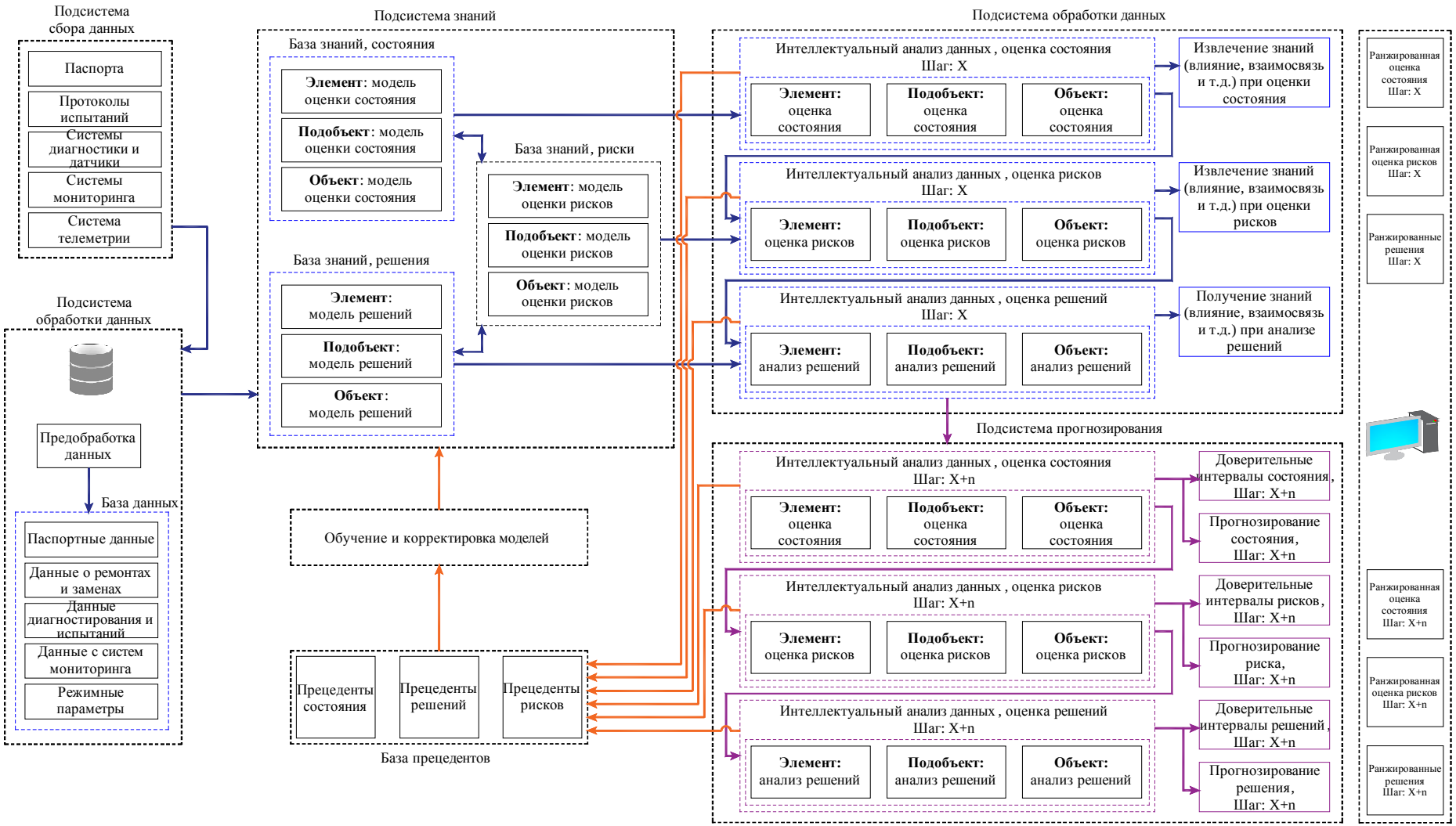
Ансамбль деревьев решений



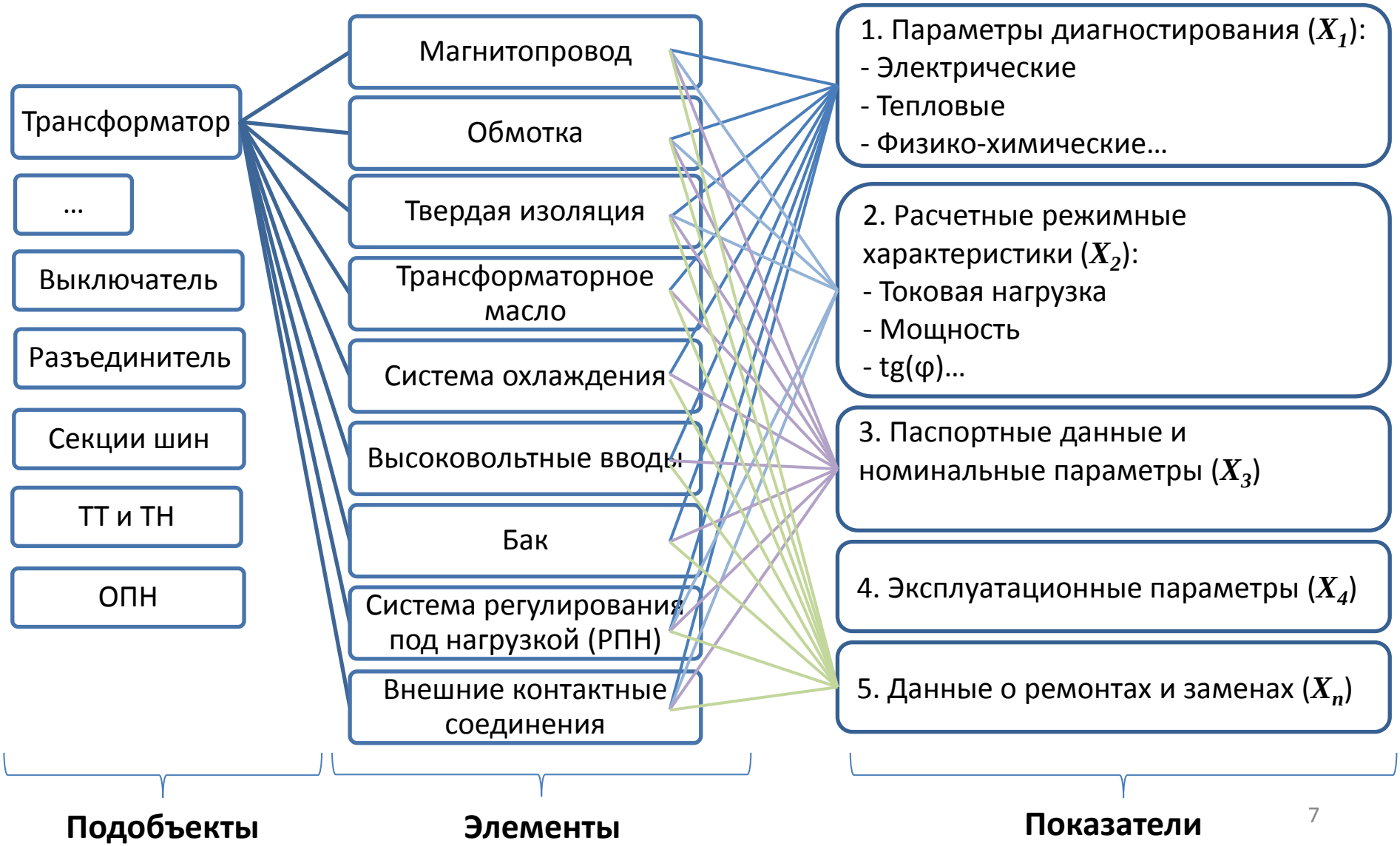
Процесс обучения можно разделить на следующие этапы:

1. Обучение каждого отдельного дерева по заданной выборке;
2. Ответы каждого дерева взвешиваются с помощью коэффициентов w_i;
3. Производится суммирование взвешенных ответов всех деревьев;
4. Полученная сумма является ответом совокупной композиции деревьев;
5. Производится сравнение полученного ответа с заданным в выборке;
6. Производится коррекция весов с помощью градиентного спуска.

Структура системы



Структурная модель оборудования



Модель оценки состояния

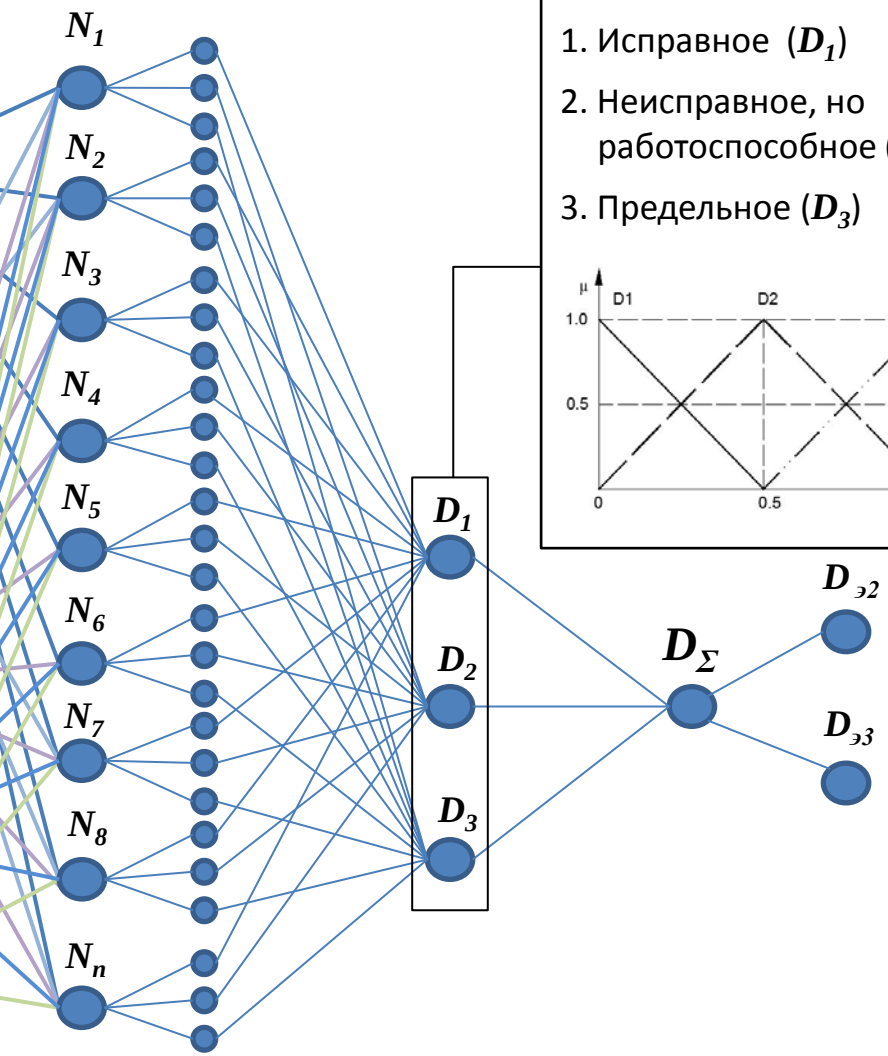
1. Параметры диагностирования (X_1):
- Электрические
- Тепловые
- Физико-химические…

2. Расчетные режимные характеристики (X_2):
- Токовая нагрузка
- Мощность
- tg(φ)…

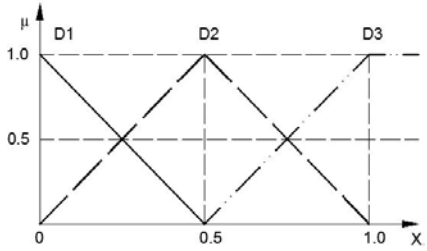
3. Паспортные данные и номинальные параметры (X_3)

4. Эксплуатационные параметры (X_4)

5. Мнения экспертов (X_n)

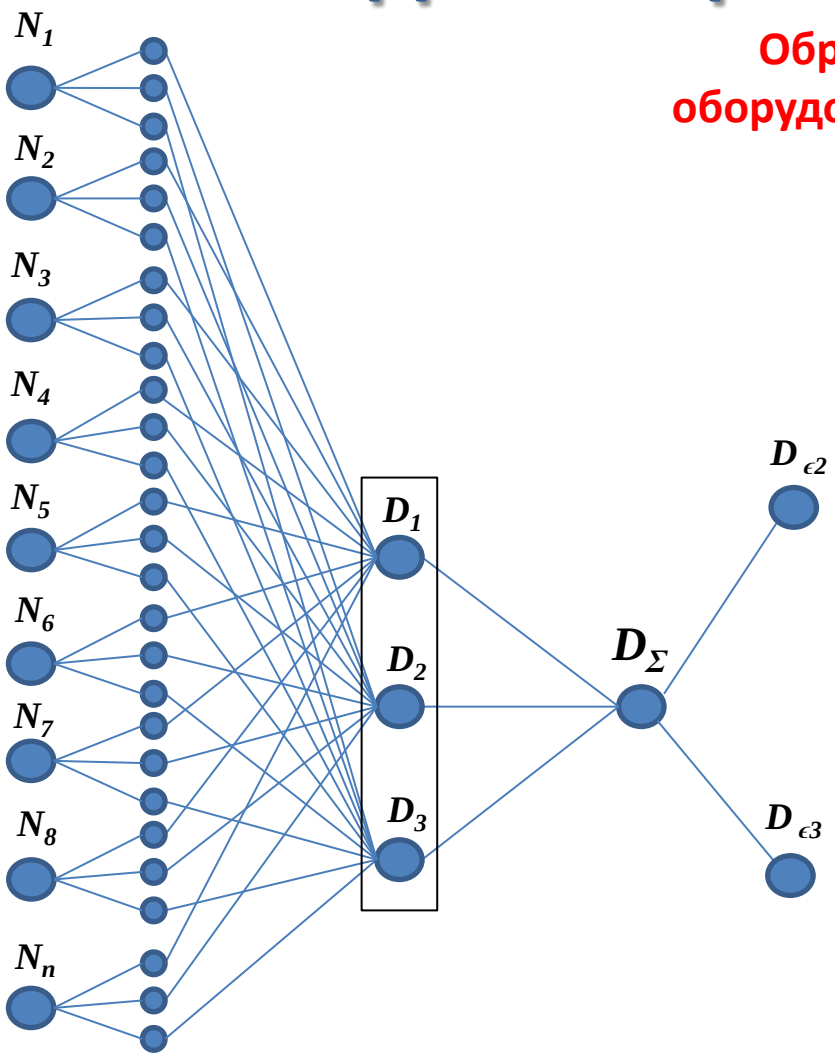


1. Исправное (D_1)
2. Неисправное, но работоспособное (D_2)
3. Предельное (D_3)

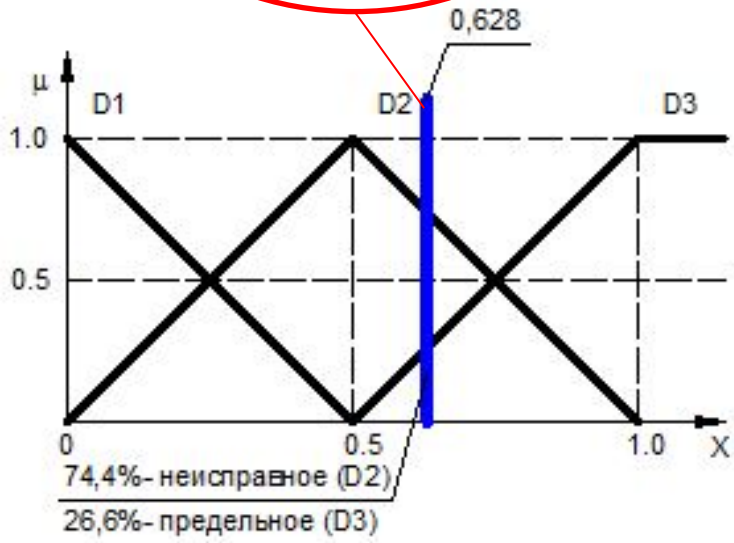


Показатели **Элементы** **Состояние**

Модель оценки состояния



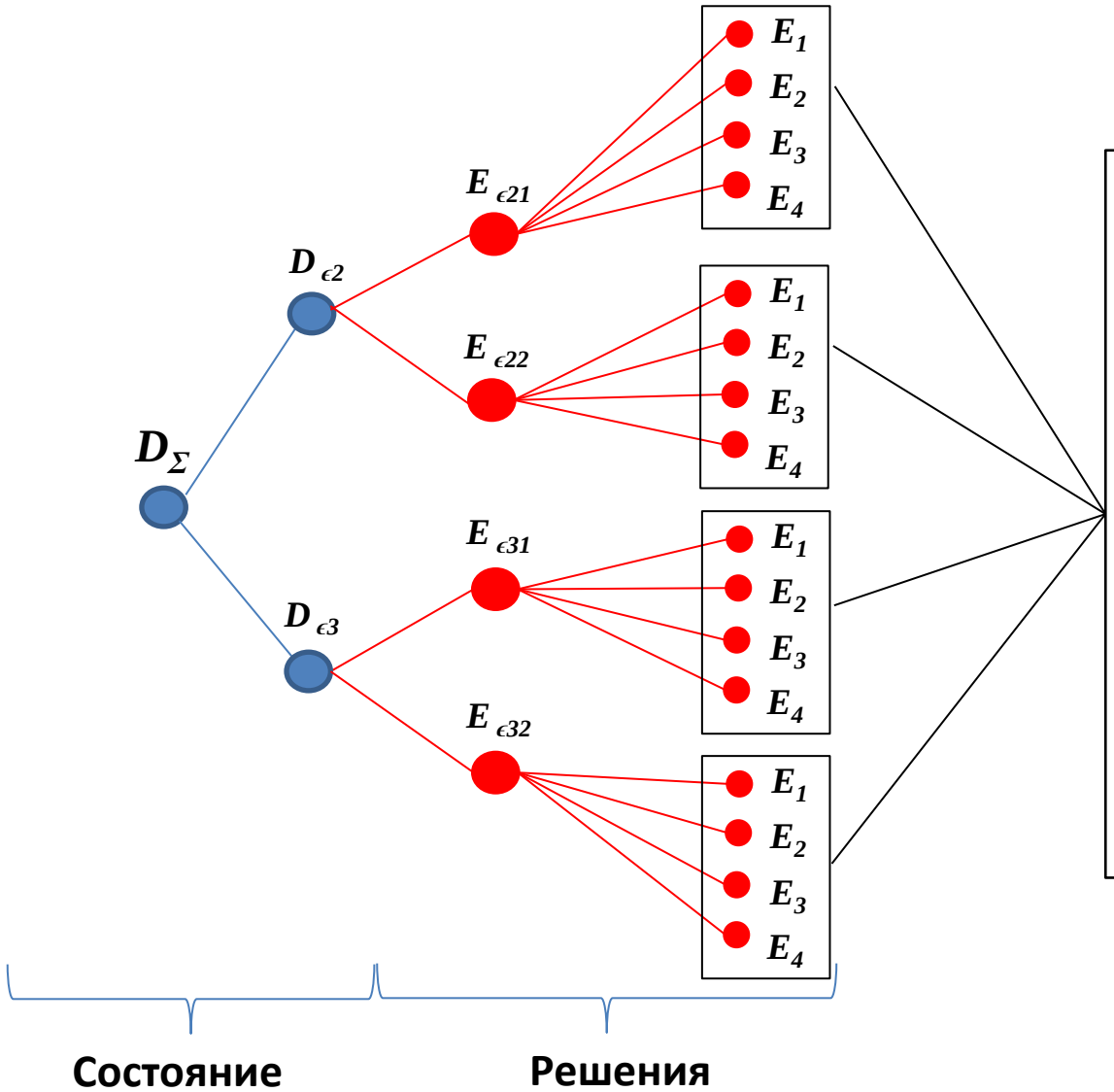
Образ оборудования



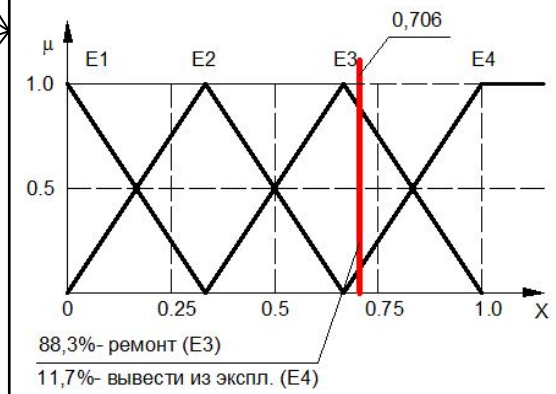
Элементы

Состояние

Модель решения



1. Оставить в эксплуатации (E_1)
2. Провести дополнительные испытания или измерения (E_2)
3. Выполнить ремонт (E_3)
4. Вывести из эксплуатации (E_4)



Прогнозирование

Таблица 1 – Результаты оценки технического состояния трансформатора 110 кВ

Ретроспектива			Средняя ошибка обуч. %	Средняя ошибка тест. на X+1, %	Ошибки первого/ второго рода, X+1 шт.	Средняя ошибка тест. на X+2, %	Средняя ошибка тест. на X+3, %	Средняя ошибка тест. на X+4, %
Тип данных	Число пар в обуч. выборке, шт.	Число пар в тест. выборке, шт.						
Трансформатор								
Год выпуска, год установки, номин. параметры, год последнего кап. ремонта, тип масла, объем масла, омическое сопротивление	411	407	5,3	11,8	36/12	14,0	16,9	19,3
ХАРГ из бака	562	541	2,1	7,3	32/7	8,3	9,5	11,4
ФХМА из бака	382	376	2,8	8,3	21/11	9,7	11,3	13,5
Потери холостого хода	367	341	5,1	11,5	24/15	13,9	16,7	19,0
Сопротивление изоляции	379	331	3,4	9,2	22/8	10,6	12,5	14,8
ХАРГ из РПН	342	350	3,1	8,1	23/5	9,5	11,2	13,3
ХАРГ из ввода	478	432	2,5	7,8	26/8	9,0	10,5	12,1

Учет режимных параметров

Анализ состояния выключателей:

- 98 ПС класса напряжения 110 кВ
- средний срок эксплуатации которых составляет 40,2 лет.

Анализируемые параметры:

- Результаты ФХМА
- Результаты ХАРГ
- Год выпуска
- Год проведения последнего капитального ремонта
- Номинальный ток отключения
- Собственное время включения и отключения
- **Ток короткого замыкания**

Таблица 2 – Сравнение распознавания образов оборудования

Характеристика	С учётом токов КЗ	Без учёта токов КЗ
Минимальный объём обучающей выборки, шт.	325	325
Оптимальная глубина РД, шт.	5	5
Оптимальное количество РД в композиции, шт.	6	6
Точность на обучающей выборке, %	82	78
Точность на тестовой выборке, %	81	76
Ошибок первого рода, шт.	12	9
Ошибок второго рода, шт.	4	11

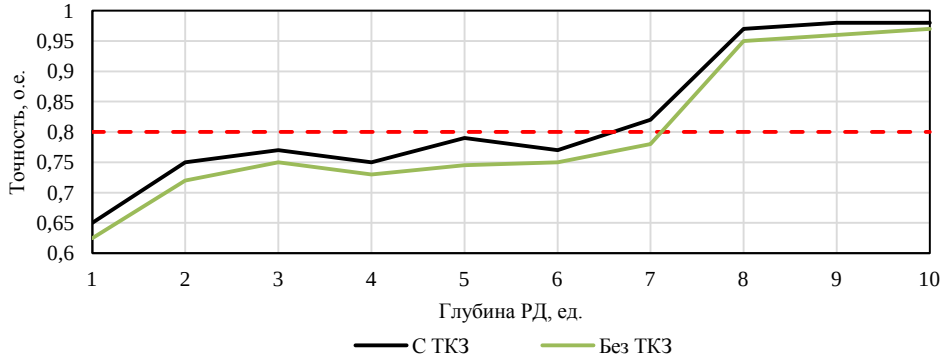


Рисунок 1- Сравнение зависимостей точности распознавания образов технического состояния от глубины РД на обучающей выборке

Результаты работы

- Разработана модель адаптивной системы управления и прогнозирования жизненного цикла оборудования электроэнергетических систем и нового подхода к ее реализации с целью получения достоверных оценок его функционального состояния на основе методов машинного обучения
- Разработана методологическая, математическая и алгоритмическая база системы на основе методов машинного обучения с учетом топологии, режимов работы электроэнергетической системы, функционального состояния и состава материалов электросетевого оборудования, а также выполнена ее апробация на примере анализа функционального состояния электросетевого оборудования района электрических сетей реальной энергосистемы
- Реализована разработанная система в виде программного продукта, для возможности его использования как в качестве самостоятельного инструмента – адаптивной системы управления и прогнозирования жизненного цикла оборудования или может являться отдельным модулем (подсистемой) для современных корпоративных систем управления производственными активами электроэнергетических компаний.

Рабочая группа РГ-6 D2

«Информационно-аналитические системы в задачах управления жизненным циклом электросетевого оборудования»

- НИОКР «Исследование перспективных методов диагностики состояния электротехнического оборудования ОРУ-110кВ Ириклинской ГРЭС» **(D1: «Материалы и разработка новых методов испытаний и средств диагностики»)**
- НИР «Разработка методики расчета оперативного и краткосрочного прогноза генерации СЭС» **(С3: «Влияние энергетики на окружающую среду»)**
- НИР «Адаптивная система управления и прогнозирования жизненного цикла оборудования электроэнергетических систем на основе методов глубокого машинного обучения»
- Разработка образовательной (магистерской) программы в области интеллектуальных энергетических систем в российских и вьетнамских вузах / Establishing Smart Energy System Curriculum at Russian and Vietnamese Universities (ESSENCE) **(С3: «Влияние энергетики на окружающую среду»)**

ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЯ ИНТЕР РАО

ProSoft® SYSTEMS

РНФ Российский научный фонд

ESSENCE Establishing Smart Energy System Curriculum at Russian and Vietnamese Universities

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Рабочая группа РГ-6 D2

«Информационно-аналитические системы в задачах управления жизненным циклом электросетевого оборудования»

- НИОКР «Исследование перспективных методов диагностики состояния электротехнического оборудования ОРУ-110кВ Ириклинской ГРЭС» **(D1: «Материалы и разработка новых методов испытаний и средств диагностики»)**
- НИР «Разработка методики расчета оперативного и краткосрочного прогноза генерации СЭС» **(С3: «Влияние энергетики на окружающую среду»)**
- НИР «Адаптивная система управления и прогнозирования жизненного цикла оборудования электроэнергетических систем на основе методов глубокого машинного обучения»
- Разработка образовательной (магистерской) программы в области интеллектуальных энергетических систем в российских и вьетнамских вузах / Establishing Smart Energy System Curriculum at Russian and Vietnamese Universities (ESSENCE) **(С3: «Влияние энергетики на окружающую среду»)**

ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЯ ИНТЕР РАО

ProSoft® SYSTEMS

РНФ Российский научный фонд

ESSENCE Establishing Smart Energy System Curriculum at Russian and Vietnamese Universities

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Дисциплины программы

- Микро сети, интеллектуальные сети, супер сети
- Информационно-коммуникационные технологии для интеллектуальных энергосистем
- Оптимизация в интеллектуальных энергосистемах
- Искусственный интеллект и машинное обучение в энергосистемах
- Экономика интеллектуальных энергосистем
- Системы управления производством и передачей электрической энергии
- Анализ энергетической системы
- Цифровые технологии для защиты и коммуникаций
- Новые технологии производства, хранения и передачи электроэнергии
- Производственная практика

Спасибо за внимание

Хальясмаа Александра Ильмаровна
Канд. техн. наук, доцент
каф. АЭС УралЭНИН УрФУ
lkhalyasmaa@mail.ru