

## **МОДУЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**Ляшевич М.С., Гутич И.И.**

Белорусский национальный технический университет  
г.Минск, Республика Беларусь

Современная энергетика активно внедряет цифровые технологии, среди которых важное место занимает искусственный интеллект. Использование искусственного интеллекта открывает новые возможности для анализа данных, прогнозирования, оптимизации процессов и принятия решений, что особенно важно в условиях растущего энергопотребления.

Всё чаще требуется представлять энергообъекты и их оборудование как информационные модели. Это позволяет использовать телеметрию, рассчитывать релейные режимы, создавать автоматизированные заявки на ремонт. В Республике Беларусь схемы энергообъектов представлены в виде графических документов, а их преобразование в информационные модели выполняется вручную специалистами.

Для автоматизации этого процесса предлагается рассмотреть систему, основанную на использовании методов искусственного интеллекта. Искусственный интеллект позволяет распознавать классы энергообъектов, их оборудование и взаимосвязи, автоматически преобразовывая графические схемы в информационные объекты. Такой подход сократит трудозатраты, повысит точность преобразования данных и ускорит моделирование энергетических систем.

Конечный модуль состоит из нескольких компонентов:

*Компонент предварительной обработки изображений*

Обеспечивает преобразование данных в графическое представление, необходимое для дальнейшей работы с диаграммами и обучения моделей нейронных сетей. Позволяет преобразовать данные из формата “.PDF” в формат “.PNG” с конвертацией изображения в оттенки черного.

*Компонент определения связей между объектами*

Данный компонент решает задачу автоматического составления перечня связанных между собой энергетических объектов. На схемах подстанций связанное оборудование обозначают при помощи кабеля, соединяющего графические элементы между собой. Определения связей в предполагаемом модуле осуществляется путём использования алгоритма Хафа для прямых линий. Исходное изображение разбивается на сегменты, в пределах которого выявляются все прямые линии с указанной точностью. Найденные линии соединяются по признаку пространственной смежности, формируя цельный кабель, по которому становится возможно определить связь между элементами схемы.

### *Сверточная нейронная сеть*

Для автоматического определения классов энергетических объектов предлагается использовать нейронную сеть Faster R-CNN из фреймворка PyTorch [1].

После обучения на множестве данных графических элементов, Faster R-CNN способна распознавать на предоставленном изображении области содержания энергетических объектов с указанием координат этой области и наименования класса оборудования.

### *Компонент распознавания диспетчерских наименований*

Кроме графических элементов на схеме подстанции содержатся диспетчерские наименования каждого из представленных элементов энергооборудования. С помощью использования Tesseract OCR решается задача определения текста на изображении, а именно: диспетчерских наименований и классов напряжений на схемах подстанций [2].

*Компонент формирования XML-документа, описывающего графическую схему подстанции на основе методологии CIM* [3].

В рамках данного компонента происходит сопоставление описания распознанного энергетического объекта в формате “JSON” с шаблонным представлением класса этого энергетического объекта в методологии CIM.

### *Компонент интеграции*

Для визуализации полученного результата необходимо использовать визуальный редактор, поддерживающий импорт информационных объектов в формате CIM. Интеграционная составляющая построена на основе Public API, что позволяет связать предполагаемый модуль с программным комплексом “СК-11”.

### *Графический интерфейс приложения*

Представлен главным окном программного продукта с возможностью загрузки исходной схемы подстанции. Перед загрузкой предоставляется возможность обрезать изображение или изменить его масштаб в установленных пределах.

В рамках данной научной статьи был представлен модуль автоматизированного распознавания функциональных элементов энергетических объектов с использованием нейронной сети Faster R-CNN от PyTorch.

1. Документация Faster R-CNN от PyTorch [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://pytorch.org/vision/master/models/faster\\_rcnn.html](https://pytorch.org/vision/master/models/faster_rcnn.html).
2. Документация Tesseract OCR [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tesseract-ocr.github.io>.
3. IEC 62325-301. Описание модели CIM [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://webstore.iec.ch/en/publication/31487>.