

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОЦИФРОВКИ
ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДЕЛЕЙ
СЕМЕЙСТВА YOLO**

Приставка Е.А. (ИГУ)

Научный руководитель – доцент, к.ф.-м.н Бернгардт О.И. (ИГУ)

Введение. Создание первоначальных версий электронных схем часто происходит на этапе проектирования вручную, с использованием бумажных носителей. Это приводит к необходимости решения важной задачи в области электротехники - автоматического анализа графических изображений принципиальных электрических схем (ПЭС). Традиционный метод перевода схем с бумаги в цифровой формат является ресурсоёмким, времязатратным и характеризуется высоким риском появления ошибок. Реализация автоматизированной системы распознавания существенно оптимизирует различные аспекты работы с принципиальными электрическими схемами: от создания прототипов и моделирования их функционирования до цифрового хранения документации и других операций. Существующие на данный момент решения проблемы распознавания ПЭС имеют ряд технических ограничений. Разработанная ранее система поддерживает 88 классов и имеет ограниченные возможности определения типа подключаемых выводов радиокомпонентов [1], поддерживая только компоненты с одним выводом на одну сторону, из-за чего точное распознавание схемы является затруднительным.

Основная часть. В работе решалась задача перевода ПЭС, нарисованной вручную, в оцифрованный вид. Процесс распознавания был декомпозирован на два основных этапа: распознавание компонентов и определение их выводов. Для распознавания элементов ПЭС была применена модель YOLOv11-OBV [2], выпущенная компанией Ultralytics в сентябре 2024 года. Модель обладает улучшенной точностью и повышенной скоростью работы и обучения по сравнению с предыдущими версиями. Обучение модели проводилось на основе датасета, описанного в работе [1]. Данный датасет является расширением набора данных CGHD, выпущенного в апреле 2024 года [3], состоит из 23 групп, каждая из которых содержит 96 изображений, что обеспечивает общее количество более 200,000 аннотированных объектов. В датасете выделено 88 различных классов радиокомпонентов, что делает его одним из самых масштабных и детализированных наборов данных для работы с ПЭС. Особое внимание уделено реализации поддержки ориентированных ограничивающих рамок, которая существенно повышает точность обнаружения радиокомпонентов с учетом их пространственной ориентации. В ходе работы датасет был расширен за счет разметки новых изображений и добавления новых классов, что позволило повысить точность и универсальность модели. На втором этапе — определении выводов радиокомпонентов — была применена модель YOLOv11-POSE [4]. Данная модель специализируется на задаче определения ключевых точек на изображениях. Ключевые точки могут представлять собой различные характерные особенности объекта, такие как соединительные выводы радиокомпонентов, контактные площадки или другие функциональные элементы. Использование подхода на основе ключевых точек для точного определения позиционирования объекта не ново [5], однако он ни разу не был применен к радиокомпонентам, что делает выбранный подход инновационным решением. Обучение моделей проводилось на таких платформах как Google Colaboratory и Yandex Datasphere. Для распознавания координат соединений между дорожками и выводами компонентов схемы была применена библиотека OpenCV. Результаты распознавания экспортируются в ряд форматов, поддерживаемых рядом систем для эмуляции работы ПЭС, а также некоторыми САПР.

В работе обсуждаются особенности реализации, достигнутое качество работы сетей и приводятся примеры их функционирования в различных ситуациях.

Выводы. В работе показано, что распознавание ПЭС с использованием моделей

YOLOv11-OB, YOLOv11-POSE и библиотеки OpenCV является одним из эффективных методов решения задач автоматизации обработки электротехнической документации. В работе проведено расширение обучающего датасета за счет разметки ключевых соединительных точек на радиокомпонентах и улучшено качество детектирования по сравнению с предыдущей версией программы.

Список использованных источников:

1. Приставка Е.А. (науч. рук. Бернгардт О.) Использование методов машинного обучения для распознавания принципиальных электрических схем // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – СПб: Университет ИТМО, [2024]. URL: <https://kmu.itmo.ru/digests/article/13163>
2. Oriented Bounding Boxes Detection // Ultralytics [Электронный ресурс], URL: <https://docs.ultralytics.com/tasks/obb/> (Дата обращения: 08.09.2024)
3. Felix T., Johannes B., Yakun L.A Public Ground-Truth Dataset for Handwritten Circuit Diagram Images // arXiv [Электронный ресурс], 21.07.2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2107.10373> (Дата обращения: 3.01.2023)
4. Pose Estimation // Ultralytics [Электронный ресурс], URL: <https://docs.ultralytics.com/tasks/obb/> (Дата обращения: 12.12.2024)
5. Gupta, Divyansh & Artacho, Bruno & Savakis, Andreas VehiPose: a multi-scale framework for vehicle pose estimation. // arXiv [Электронный ресурс], 18.03.2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2103.10180> (Дата обращения: 26.11.2024)