

УДК 658.012.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТАНС-СЕГМЕНТАЦИИ В ЗАДАЧАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ

Порываев М. А., студент гр. МРа-241, II курс

Научный руководитель: Чичерин И. В., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва
г. Кемерово

Процесс образование дефектов сварки, это пусть и не приятная, но неотъемлемая часть технологического процесса. Путем усовершенствования технологий и повсеместного внедрения сварочных роботов на крупных предприятиях вероятность возникновения данных процессов можно свести к минимуму, но она никогда не станет нулевой. Однако одновременно с развитием технологий сварки развиваются и технологии обнаружения ее дефектов, так называемые технологии компьютерного зрения [1].

Ключевым этапом развития данной технологии стал переход от традиционных к современным методам распознавания объектов. От фокусирования на явном извлечении признаков и правилах, к подходам, основанным на глубоком обучении, автоматизации процесса и достижении более высокой точности и адаптивности. Инструментом для реализации данных подходов стали нейронные сети типа CNN (Convolutional Neural Networks) и их модификации, поскольку именно свёрточные сети показывают наилучшие результаты при работе с визуальной информацией.

Для обучения нейросетей используется стандартный метод обратного распространения ошибки. Структура сверточных сетей похожа на воронку: от общей картины к деталям. Благодаря свертке нейросеть отсеивает лишнюю информацию и оставляет только ту, которая характеризует объект. CNN решают задачи распознавания и классификации по той же модели, как и человеческий мозг [2].

Ранее в статье [3] уже была разобрана системы отслеживания и регистрации дефектов сварного шва, основанная на обнаружении объектов и семантической сегментации, ее недостатком является неполнота получаемой с изображения информации, описанный там метод позволял фиксировать наличие дефектов, однако не мог их считать. А ведь эта информация позволит более точно определять качество исполнения сварного соединения, а соответственно и сложности работ по устранению дефектов.

Решить данную проблему можно при помощи метода инстанс-сегментации изображений. В отличие от задач обнаружения объектов и семантической сегментации, то есть обнаружения конкретно типа объекта, где каждый пиксель характеризует либо дефект, либо фон, представляя из себя некую двухклассовую классификацию. При решении данной задачи, цель

не просто определить принадлежность пикселя к тому или иному классу, а ещё и охарактеризовать разность между объектами. То есть определить, что вот это - дефект один, а это дефект два, дефект три и так далее. Тем самым сегментировать отдельно каждый объект своим уникальным цветом. То есть в данном случае мы обнаруживаем каждый объект по отдельности.

Так как решаемая задача рассчитана на использование своего датасета, то из не узкопрофильных сетей была выбрана YOLO серии V8 [4]. Датасет (набор данных) был сформирован из фотографий, находящихся в сети общего доступа. В данной работе мы будем детектировать такие дефекты, как прожог, трещины и пористость. То есть у нас будет всего три класса: прожог, трещина и поры. Собранный датасет не особо большой по размеру, он имеет 160 различных фотографий сварных соединений с дефектами. Они были разделены на наборы для тренировки и валидации.

При обучении модель старается максимально подробно походить на тренировочный набор данных. Каждый раз на каждой эпохе обучения она корректирует веса, чтобы быть ещё ближе к тренировочному набору. Валидация в этом процессе играет роль оценщика со своим сторонним датасетом, в задачу которого входит отвечать на вопрос, а сейчас лучше, чем было, или хуже. Ведь если оценку проводить на тренировочном наборе, то он естественно всегда будет показывать улучшенные результаты. Таким образом, валидация нужна для того, чтобы как бы контролировать процесс обучения, если с новыми весами результаты улучшились, они сохраняются, в противном случае – нет.

Для того чтобы обучить сеть YOLO, наш банк фотографий был размечен в нужном формате с выделением трех лейблов: трещина, прожог, поры и разбит на два набора: тренировочный и валидация в процентном соотношении 80 на 20 соответственно (рис. 1).



Рис. 1 Пример разметки фотографий сварных соединений

Разметка «Полигонов» производится вручную по контурам дефектов при помощи программных средств CVAT [5]. На приведенных изображениях трещины маркируются фиолетовым цветом, прожоги - красным и поры - зеленым. В дополнение к фотографиям с дефектами в набор были включены фотографии без них. Это важно для того, чтобы будущая сеть понимала, что иногда ненужно ничего искать. Также при подборе фотографий учитывались требования к разнообразию фона, чем более разнообразный фон, тем лучше. В результате разметки мы получили два текстовых JSON файла: Train и Validation. Которые содержат информацию о размеченных изображениях, их индексе и размерах, а также результаты сегментации в виде категорий найденных дефектов и их координат в значениях пикселей.

При старте непосредственного обучения сетки необходимо выбрать подходящий размер модели YOLOv8: n, s, m, l или x [6]. Они различаются прежде всего количеством подобранных параметров, если в модели n их 3,4 млн, то в модели x - уже 71 млн параметров, то есть обучение будет дольше производиться. В связи с ограниченностью мощностей в данной работе использовалась модель среднего размера - YOLOv8s. К другим важным параметрам относится размер батча - количество обучающих примеров, используемых в одной итерации обучения модели, в нашем случае он равен 32, и количество эпох обучения равное 300.

Надо понимать, что внутри обучения YOLO сама создаст многие аугментации, то есть увеличит внутри датасет, сделает его более обширным, путём разных приближений, поворотов, изменения цветности. И каждая фотография, это набор различных аргументаций (рис. 2). Он сам сделал различные повороты, приближение, удаление. Этот механизм во много и предопределил выбор сети.

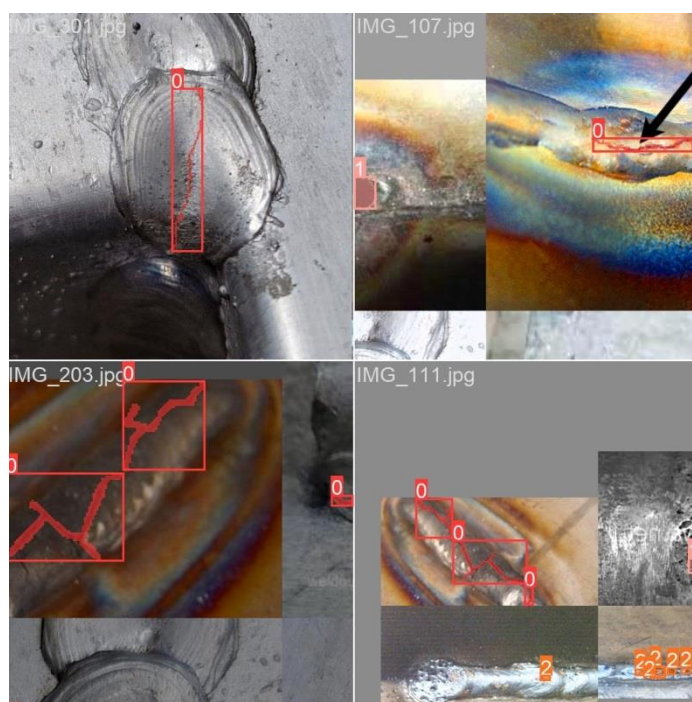


Рис. 2 Пример аугментаций, сгенерированных YOLO

После окончания обучения модели мы получили два файла с весами: последний (в 300 эпохе) и лучший (по валидации), мы будем использовать лучшие. С этими данными можно приступить к инференсу - процессу использования обученной модели искусственного интеллекта для обработки новых данных.

После загрузки всех необходимых библиотек и весов модели, мы прогоняем через написанную программу тестовые фотографии. В качестве результатов работы программы мы получаем строчку, которая содержит количество обнаруженных объектов и значения областей, которые они сегментировали, а не просто факт их наличия. А каждый отдельный объект имеет свою отдельную сегментационную карту (рис. 3).

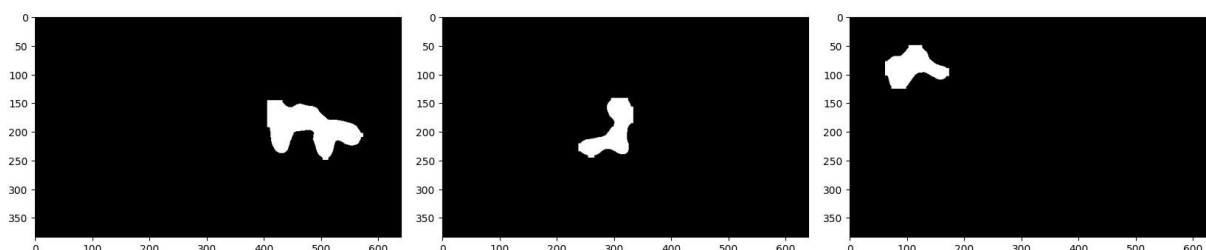


Рис. 3 Сегментационные карты найденных объектов

Из данного рисунка становится ясно, что программа распознала три отдельных скопления пор на представленном изображении сварочного шва. Распознанная фотография шва принимает вид, показанный на рисунке 4. Вокруг дефектов видны контуры, которые можно настраивать отдельно, изменяя их коэффициент наложения и вероятность правдивого распознавания.

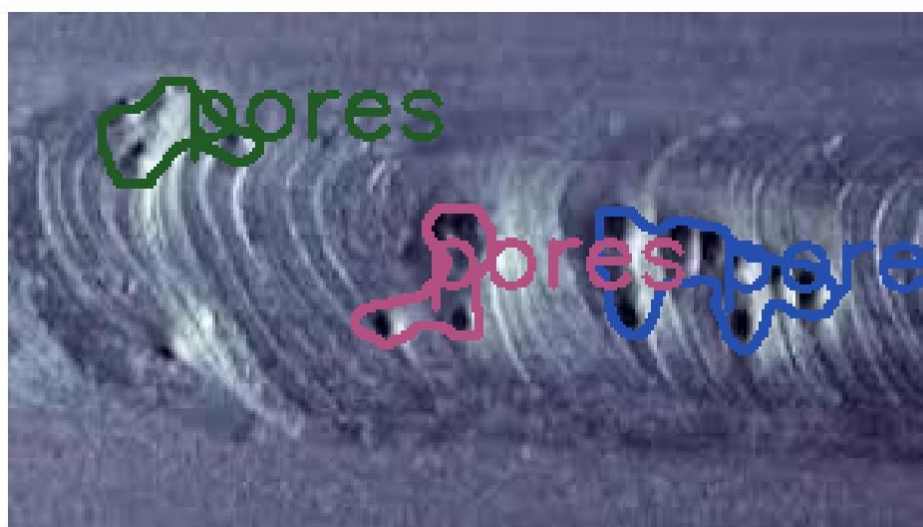


Рис. 4 Пример распознанного сварного шва с дефектами

Каждый распознанный объект выделяется контуром своего цвета, что подтверждает работу инстанс-сегментации, мы каждый объект находим по отдельности. Это и есть ключевое отличие от семантической сегментации,

которая просто отобразила бы каждый объект, как поры, но не сказал, что это разные скопления пор. В этом и состоит уникальность инстанс-сегментации. А полученные таким образом данные помогут сформировать более полную картину о качестве шва и необходимых трудозатратах на его исправление.

Список литературы:

1. Журнал «Промышленные страницы №5», 2022г.
2. Емельянова М., Смаилова С., Бакланова О. Обнаружение поверхностных дефектов сварных соединений при визуальном контроле методами машинного зрения // КО. 2023. №1.
3. Порываев М.А. (2025) Использование компьютерного зрения для обнаружения дефектов шва, выполненного сварочным роботом. 17-я Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «РОССИЯ МОЛОДАЯ»
4. Порываев М.А. (2025) Сравнение традиционных и современных методов обнаружения дефектов сварных соединений по их изображению. 9-я Международная научно-практическая конференция «Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте»
5. Официальный сайт «CVAT», режим доступа <https://www.cvat.ai> (дата обращения 30.03.2026г.).
6. Официальный сайт «Ultralytics», режим доступа <https://docs.ultralytics.com> (дата обращения 30.03.2026г.).