

Помощник оценки микроповреждённости металла

Направление: Компьютерное зрение и диагностика металла

Цель: Создать помощника обнаружения повреждений металла с объяснимой оценкой и проверкой специалистом.

Справка о компании: Сибирская генерирующая компания (СГК) производит электрическую и тепловую энергию и обеспечивает теплоснабжение городов. В её работе связаны эксплуатация электростанций, котельного и турбинного оборудования, обслуживание тепловых сетей. Компания развивает энергетическую инфраструктуру и реализует проекты по повышению надёжности оборудования и снижению воздействия на окружающую среду.

Задача участников

Создайте прототип помощи металловеду: обнаружение и объяснение морфологических признаков пор, цепочек и микротрещин. Продемонстрируйте работу на выданных синтетических схемах и предложите независимую проверку на реальных образцах.

В обозначениях данных *train* — обучающая часть для настройки метода, *validation* — проверочная часть для выбора настроек, *test* — итоговая контрольная часть с ответами только у жюри. Данные одной независимой группы не разделяют между частями.

Precision — доля верных находок среди срабатываний, *recall* — доля найденных объектов среди всех искомых; *F1* объединяет эти два показателя, *macro-F1* — среднее *F1* по классам. Матрица ошибок (*confusion matrix*) показывает, какие классы перепутаны; покрытие (*coverage*) — доля примеров, для которых метод дал результат.

IoU — отношение площади пересечения двух рамок к площади их объединения. *TP* — верная находка, *FP* — ложная находка, *FN* — пропущенный объект.

CAPEX — затраты на создание решения; *OPEX* — ежегодные расходы на его работу и обслуживание.

1 Помощник металловеда

Разработайте рабочий программный прототип, который на микрофотографиях находит поры, цепочки пор и микротрещины и помогает определять балл микроповреждённости. Пользователь — металловед: ему нужны не только название класса и скорость, но и показанные признаки, масштаб, контекст материала, причины сомнения и возможность исправить результат.

Сохраняйте полную цепочку: изображение → обнаруженные/измеренные признаки и их качество → предварительная оценка стадии по применимой шкале либо отказ → проверка специалистом. Прототип должен показывать, какие данные обосновывают интерпретацию и какие ещё нужно подтвердить. Дорогая модель и идеальная точность на синтетике не заменяют эту связь.

2 Основной результат и общая проверка

- Создайте запускаемый прототип с загрузкой снимка, локализацией пор/цепочек/трещин, оценкой качества и объяснимым выводом. Правила, классические методы или нейросеть равноправны.
- Проверьте морфологию на общей *validation*-части: ошибки по типам, определение места, качество/отказы. Для общего *test* передайте результаты без доступа к закрытым меткам.
- Реализуйте отдельный модуль нормативной интерпретации для указанного ниже контекста; проверьте его на общих карточках. Результат алгоритма — предварительная

оценка стадии по указанной шкале либо отказ с причиной; укажите применимость и недостающие условия. Оценку подтверждает специалист.

- Покажите исправление/подтверждение специалистом и план независимой проверки на реальных образцах до промышленного применения.

Синтетические снимки проверяют морфологический прототип, а карточки — правильность применения правил. Ни один из этих наборов не доказывает промышленную точность присвоения балла, безопасность или возможность продления эксплуатации.

3 Нормативная справка: узкий выбранный контекст

Используется приложение 5 ФНП, утверждённых приказом Ростехнадзора от 15.12.2020 № 535: 3ТВ сварных соединений паропроводов из стали 12Х1МФ, металл шва 09Х1МФ, при 500-кратном увеличении. Для применения условия п. 157 б учитывается температура 450 °С и выше. Это не универсальная шкала любых сталей, основного металла и увеличений.

Стадия	Пересказ признаков приложения 5	Ограничение интерпретации
I	Микроповреждённость не выявляется оптическими методами металлографии.	Не превращать отсутствие обнаружения на плохом кадре в доказательство отсутствия повреждения.
II	Единичные поры ползучести до 2 мкм; плотность $p \leq 100$ пор/мм ² .	Нужны масштаб, площадь/представительность и подтверждённая природа пор.
III	Единичные поры ползучести до 2–3 мкм по границам зёрен; p от 250 до 1000 пор/мм ² .	Граница 100–250 в приложении не заполнена: не интерполировать автоматически.
IV	Цепочки и слившиеся поры и/или микротрещины до 10–20 мкм по границам зёрен.	Морфология важна, одной плотности недостаточно.
V	Микро- и макротрещины совместно с цепочками и слившимися порами.	Не назначать произвольную численную длину макротрещины: в используемой строке её нет.

По п. 157 б для данного контекста стадия не должна превышать III. Модуль сообщает только результат проверки этого отдельного условия; другие требования ФНП и решения специалистов сохраняются. В п. 153 е для основного металла и в п. 157 в/г для других соединений применяются иные приложения/условия: переносить выбранный предел на них нельзя. При неполном контексте, неподтверждённой природе дефектов, некачественном изображении или неоднозначных/пограничных описаниях возвращайте отказ/необходимость экспертной оценки, без выдуманного балла.

4 Что дают изображения и карточки

Приложены 480 условных изображений 256 × 256: 160 независимых геометрий × 3 условий съёмки. Train — 96 групп/288 кадров; validation — 32/96; test — 32/96. Масштаб 0,25 мкм/пиксель служит геометрической демонстрации и не удостоверяет увеличение

микроскопа. Границы зёрен, царапины, загрязнения, контраст и размытие могут мешать локализации; происхождение всех кадров синтетическое.

Разметка типов и локализаций доступна для train/validation. Общие нормативные карточки содержат материал, зону, температуру, увеличение, подтверждение специалиста, качество и измеренные/описанные признаки; готовые выводы карточек не выдаются. Форматы обоих выходов и группировка описаны в паспорте. Между изображением и нормативным модулем объясните передачу измерений и ограничения: автоматическая геометрия не удостоверяет природу реального дефекта.

На validation покажите macro-F1 и ошибки по классам, качество локализации и покрытие при отказах. Для всех команд применяется один протокол из паспорта набора: сопоставление рамок одного типа при $\text{IoU} \geq 0,50$; отказы не исключают примеры из знаменателей. Закрытые test-метрики считает жюри. Не использовать test для обучения/подбора. Нет обязательной нейросети или заранее заданного порога сегментации.

5 Экономика и внедрение

Общая учебная база: 10000 снимков/год, ручной первичный просмотр 8 мин/снимок, труд 1200 руб./ч, доля времени, реализуемая деньгами, 0,50. Время вычисления, обязательной экспертной проверки и повторных действий оцените на своём прототипе либо явно как сценарную гипотезу. CAPEX включает разработку/настройку/оснащение, OPEX — поддержку и проверку; состав и цены обоснуйте. Рассчитайте эффект и условия окупаемости на горизонте 3 лет, при объёме $\pm 20\%$ и без сокращения экспертной проверки. Цены постоянны, без НДС/дисконтирования/остаточной стоимости.

План реальной валидации должен указать независимые образцы/партии, подтверждённый материал/масштаб, экспертную разметку, контроль подготовки поверхности и ошибки, при которых нужен отказ. Фактическая промышленная валидация в пакете не обещана и не требуется как уже проведённая.

В плане внедрения предусмотрите локальное развёртывание в закрытом контуре предприятия без передачи производственных снимков и результатов во внешние облачные ИИ-сервисы. Опишите вычислительные ресурсы, локальные зависимости/модели, установку и обновления, хранение и доступ к данным. Общая учебная проверка и выбранная нормативная шкала сохраняются.

6 Свободный выбор и развитие

Команда самостоятельно выбирает: морфологические правила, статистика, нейросеть либо их сочетание; определение места, оценка качества, объяснение и отказ; интерфейс специалиста и модуль применения указанной шкалы.

Можно углубить ядро или выбрать полезное развитие. Примеры ниже необязательны и не образуют перечень бонусов.

- Устойчивость к качеству/масштабу — Независимые группы по увеличению/качеству и парные проверки, а не копии train.
- Исправление разметки специалистом — Применение указанной шкалы и протокол исправлений и корректный отказ при неподходящем контексте.
- Оценка неопределённости — Доля уверенных ошибок, coverage и объяснение отказов на неоднозначных кадрах.

7 Материалы, собственные данные и проверка

Общий демонстрационный набор и его разбиение описаны в приложении. Он нужен для одинаковой проверки; не предписывает алгоритм, оборудование или архитектуру проекта.

Разрешены открытые, собственные измеренные и синтетические дополнения с источником, единицами, допущениями и ограничениями. Общие исходные условия и проверочные сценарии сохраняются. Покажите, что изменилось благодаря дополнению, и отдельно сохраните результат на общей базе. Синтетические данные обозначьте как учебные и укажите их ограничения.

В проектной заявке и презентации представьте результат ядра, расчёт/демонстрацию и ограничения. Для расчётного проекта достаточно читаемой записки и схемы; для программного результата приложите инструкцию запуска и воспроизводимый пример. Дополнительные материалы служат проверке проекта и не меняют официальный состав заявки.

Жюри использует официальные критерии конкурса: 70 баллов на отборе и 80 в финале. Решения, полностью выполнившие ядро, различаются качеством доказательств, реализуемостью, переносимостью и экономическим обоснованием; совпадение с контрольным проектом и число расширений не требуются.

Расчетные допущения

- Численные параметры приняты для учебного сценария и не являются измерениями предприятия.

Приложения к задаче

Приложение	Для чего использовать
Описание изображений	Имена, независимые группы, разбиение и условный масштаб.
Ответы для обучения и проверки	Доступные морфологические метки; не нормативные баллы.
Расположение дефектов на изображениях	Координаты дефектов для проверки локализации.
Карточки материала и условий исследования	Структурированная проверка применения узкой шкалы, без связи с промышленным присвоением балла по синтетике.
Описание данных и форматов результата	Словарь, роли изображений/карточек, формат результатов и ограничения.
Контрольные изображения без ответов — 96 кадров	Синтетический кадр для общей морфологической проверки.
Обучающие изображения — 288 кадров	Синтетический кадр для общей морфологической проверки.
Проверочные изображения — 96 кадров	Синтетический кадр для общей морфологической проверки.

Приложение	Для чего использовать
Общие исходные условия	Общая база проверки собственного решения

Общие требования конкурса

Решение оформляется проектной заявкой и презентацией по приложениям 4 и 8 положения. Презентация: PDF, не более 16 слайдов и 25 МБ. На финале доклад до 10 минут и вопросы до 5 минут.