УДК 620.179.152.1:004.932.2

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ЦИФРОВЫХ РАДИОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ФОРМАТЕ DICONDE

А. В. СУДАРЕВ, В. С. КУВШИННИКОВ, Е. Е. КОВШОВ
АО «НИКИМТ-Атомстрой»
Москва, Россия

Внедрение цифровых технологий, в частности искусственных нейронных сетей (ИНС), в отрасль радиационного неразрушающего контроля значительно затруднено отсутствием достаточного количества датасетов и обучающих выборок [1]. Однако помимо количества обучающих данных необходимо обеспечить их качество и релевантность.

В [2] предложены общий подход к детерминированной оценке качества радиографических изображений в формате DICONDE и структура данных для хранения фактографической информации. Подход предполагает проверку целостности тегов (метаданных), расчет объективных метрик изображения – сигнал-шум (SNR – Signal-to-Noise Ratio) и контраст-шум (CNR – Contrast-to-Noise Ratio) – и применение классических алгоритмов компьютерного зрения для сегментации стандартных объектов: индикаторов качества изображения (ИКИ), ограничительных меток и маркировочных знаков. Для финализации системы автоматизированной оценки качества детерминированными методами необходимо разработать модуль, оценивающий различимость минимального видимого элемента ИКИ.

Нормативная документация, регламентирующая проведение радиационного неразрушающего контроля, в вопросах оценки качества радиографических изображений опирается на зрительную систему человека. При этом объективный критерий вводится только для двухпроволочного эталона чувствительности, что позволяет автоматически определить различимость каждой проволочки в паре. Оценка проволочного, канавочного и пластинчатого ИКИ остается субъективной и требует разработки объективного критерия. Задача оценки различимости объектов на изображениях в целом является нетривиальной и зависит от ряда факторов: интенсивности фона и объекта, размера объекта, пространственного разрешения изображения и особенностей работы зрительной системы отдельных индивидов.

Для формализации различимости объектов сформирована выборка из 16 смоделированных изображений. Каждое изображение содержит однородный фон с известной интенсивностью и 9 объектов, отличающихся от фона на заданную интенсивность и имеющих предопределенные размеры. Различимость объектов на каждом фоне определяли методом экспертных оценок: эксперты оценивали объекты по трехбалльной шкале, где 0 – «не видно», а 2 – «отлично видно». Результаты опроса агрегированы с помощью языка программирования Python и библиотеки для работы с данными Pandas (рис. 1).

Для оценки качества эксперимента рассчитана согласованность экспертов. В качестве метрики выбрана альфа Криппендорфа – мера согласия между экспер-

тами при кодировании набора единиц анализа несколькими значениями. Значение метрики составило 0,767, что свидетельствует о достаточно высокой степени согласованности между экспертами и качественном проведении эксперимента.

	bg	intensity	width	Эксперт_1	Эксперт_2	Эксперт_3	Эксперт_4	Эксперт_5	Эксперт_6	Эксперт_7	Эксперт_8	Эксперт_9	mean_score	sum_score
0	30	1	5	1	2	1	2	1	1	2	2	1	1.444444	13
1	30	1	3	0	2	2	2	1	1	2	2	1	1.444444	13
2	30	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0.777778	7
3	30	2	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.000000	18
4	30	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.000000	18

Рис. 1. Структура данных для обработки результатов метода экспертных оценок

Для определения среднего значения оценок, соответствующего порогу различимости, рассчитан одновыборочный критерий Вилкоксона и на его основе определена статистическая значимость оценок для каждого объекта. Зависимость доли статистически значимых объектов от различных значений порога приведена на рис. 2.

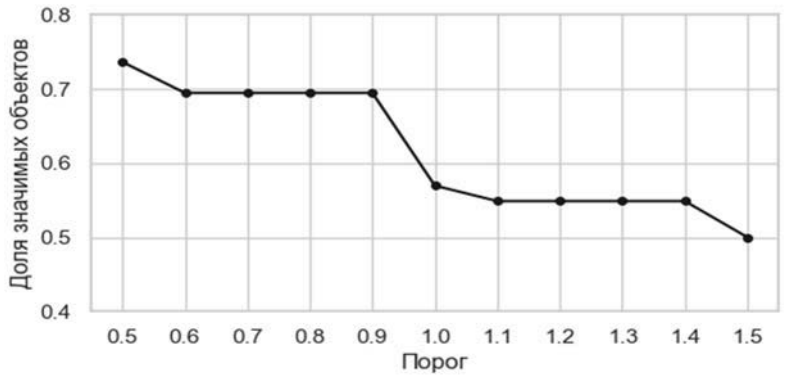


Рис. 2. Зависимость доли статистически значимых объектов от порога различимости

Исходя из графика, выбран порог различимости, равный 0,9. Полученное значение позволяет разделить исходные данные на два класса (0 – «не видно», 1 – «видно») и обучить на них бинарный классификатор, например логистическую регрессию. После обучения F1-мера логистического регрессора оказалась равной 0,9369, что говорит о высокой способности классификатора различать классы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Корчагин, В. Д.** Критериальный анализ моделей обработки данных радиационного неразрушающего контроля / В. Д. Корчагин, В. С. Кувшинников, Е. Е. Ковшов // International Journal of Open Information Technologies. – 2024. – Т. 12, № 4. – С. 23–31.

2. **Сударев, А. В.** Инструментальные методы и средства автоматизированной оценки качества радиографических изображений в формате DICONDE / А. В. Сударев, В. С. Кувшинников, Е. Е. Ковшов // Контроль. Диагностика. – 2025. – Т. 28, № 12. – С. 30–39.