

УДК 620.179.1

Анализ результатов ультразвукового и радиационного контроля сварных швов с применением машинного обучения без учителя

Крысько Николай Владимирович

kryskonv@bmstu.ru

SPIN-код: 4002-2427

Кусый Андрей Геннадьевич

kusyy@bmstu.ru

SPIN-код: 5745-7148

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Проведен анализ набора данных, содержащего результаты ультразвукового и радиационного контроля сварных швов магистральных газопроводов с применением машинного обучения без учителя, а именно кластеризации и снижения размерности. Поскольку исследуемый набор данных содержит категориальные и непрерывные параметры, определены различные типы предобработок, позволяющих применить существующие алгоритмы кластеризации. Показано, что использование кластерного анализа позволяет объединить определенные группы дефектов со схожими характеристиками.

Ключевые слова: ультразвуковой контроль, радиационный контроль, сварные швы, машинное обучение, кластерный анализ

Введение. При сооружении магистральных газопроводов производится неразрушающий контроль (НК) большого количества кольцевых сварных соединений. Основными применяемыми методами контроля являются ультразвуковой с применением фазированных антенных решеток и дифракционно-временного метода, а также радиационный методы НК. Оба данных метода имеют свои преимущества и недостатки и прекрасно дополняют друг друга, что говорит о необходимости совместного анализа результатов обоих методов. В основном совместный анализ методов НК производится с применением обучаемых с учителем моделей, основанных на алгоритмах машинного обучения, прогнозирующих тип и размеры выявляемых дефектов на основе входных данных, получаемых из результатов НК в виде изображений. Для достижения наилучшей работоспособности моделей сочетания данных необходим предварительный анализ результатов НК с применением необучаемых алгоритмов машинного обучения, таких как снижение размерности и кластеризация [1].

Методы и материалы; результаты. Изначально из результатов НК в виде изображений извлекается набор информационных параметров, значения которых будут являться входными данными для моделей совместного анализа, прогнозирующих тип и параметры дефектов сварных швов. Для достижения наилучшей работы моделей сочетания данных необходимо, чтобы данные параметры не содержали параметров, несущих лишнюю информацию, а также отсутствовали параметры, не вносящие значительного вклада

в определение типа и размеров дефектов сварных швов. Помимо этого, необходимо определение возможностей классификации дефектов сварных швов по типам относительно каждого информационного параметра по отдельности и проведения кластерного анализа входных данных. Кластерный анализ осуществляет поиск скрытых зависимостей в значениях информационных признаков, за счет чего осуществляется поиск типов дефектов, значения которых максимально похожи друг на друга.

В результате работы произведен кластерный анализ полученного набора данных с применением основных существующих алгоритмов. Набор данных имел переменные смешанного типа: одинаковое количество категориальных и непрерывных переменных. Для это применялись различные предобработки, снижение размерности и специальные дистанции, позволяющие измерять расстояния между данными смешанного типа. Для определения оптимального соотношения предобработки и гиперпараметров алгоритма кластеризации применялись метаэвристические алгоритмы и байесовская оптимизация [2]. В итоге все алгоритмы оптимизации сошлись и был определен алгоритм кластеризации с типом предобработки и набором гиперпараметров, который показывает наилучшие результаты согласно индексу Жаккара относительно внешней разметки.

Заключение. Произведен кластерный анализ полученного набора данных с применением основных существующих алгоритмов. Для определения оптимального соотношения предобработки и гиперпараметров алгоритма кластеризации применялись метаэвристические алгоритмы и байесовская оптимизация. все алгоритмы оптимизации сошлись и бал определен алгоритм кластеризации с типом предобработки и набором гиперпараметров, который показывает наилучшие результаты согласно индексу Жаккара относительно внешней разметки. Определены типы дефектов сварных швов, которые объединяются в отдельные кластеры.

Список источников

- [1] Крысько Н.В., Кусый А.Г., Скрынников С.В. Подходы к совместному анализу данных неразрушающего контроля сварных швов магистральных газопроводов. *Состояние и основные направления развития неразрушающего контроля качества сварных соединений объектов ПАО «ГАЗПРОМ»*. IX Отраслевое совещание: сб. тез. Санкт-Петербург, Газпром ВНИИГАЗ, 2023, 10 с.
- [2] Shahriari B., Swersky K., Wang Z., Adams R.P., de Freitas N. Taking the Human Out of the Loop: A Review of Bayesian Optimization. URL: <https://www.cs.princeton.edu/~rpa/pubs/shahriari2016loop.pdf> (accessed 11.01.2026).