

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛЬНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ

Кнауб И.А.

Научный руководитель – доцент А.Г. Зарубин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В настоящее время большое внимание уделяется надежности газотранспортных сетей, эксплуатируемых в различных условиях. В данной работе проведено исследование влияния различных входных параметров газопровода на техническую оценку с помощью методов классового моделирования. Для формирования выборки данных было проведено численное статистическое моделирование, с использованием программного продукта на языке программирования R. В качестве основы была использована методика оценки технического состояния стальных газопроводов, представленная в виде балльной оценки факторов, учитываемых при оценке технического состояния трубопровода, с последующими математическими преобразованиями. Данное моделирование позволило с помощью прогноза определить класс (категорию) газопровода.

Ключевые слова: техническое состояние, трубопровод, оценка, классовое моделирование, трубопроводный транспорт, анализ данных, PLS-DA, R.

Анализ на основе исследования корреляционных связей получил широкое применение для исследований в нефтегазовой отрасли [1], поэтому идеей данной работы является использование данного метода для автоматизации оценки технического состояния газопровода [2].

Целью работы является исследование влияния факторов оценки на категорию газопровода с применением метода проекций на скрытые структуры в сочетании с дискриминационным анализом (PLS-DA).

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи:

- сформировать матрицу данных для проведения моделирования;
- построить PLS-модель и рассчитать класс точности для каждого класса состояния газопровода.

Для формирования выборки было проведено численное математическое моделирование, результатом которого стала матрица данных из 18 столбцов, один из которых является классом (категорией) газопровода, а оставшиеся 17 – числовыми данными, представленными в виде балльной оценки каждого фактора. Категории трубопровода были заданы следующим образом: «А» – работоспособное, «В» – частично неработоспособное, «С» – неработоспособное, «D» – предельное. Структура данных четырех классов состояния газопровода представлена на рис. 1 и разделена на калибровочный набор (обучающий), представленный данными XCalA, XCalB, XCalC, XCalD, и проверочный набор с данными XVal.

| ОБУЧАЮЩИЙ КЛАСС | | ПРОВЕРОЧНЫЙ КЛАСС | |
|--------------------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|
| КЛАСС | 17 переменных | КЛАСС | 17 переменных |
| «А» работоспособное | XCalA | «А» работоспособное | XVal |
| «В» частично неработоспособное | XCalB | «В» частично неработоспособное | |
| «С» неработоспособное | XCalC | «С» неработоспособное | |
| «D» предельное | XCalD | «D» предельное | |

Рис. 1 Структура данных

Для реализации метода PLS-DA был использован программный продукт RStudio [3], который позволяет произвести моделирование и построение различных математических моделей. Так как стандартный набор встроенных пакетов не позволяет произвести необходимый для исследования расчет, после применения метода классового моделирования при помощи библиотек «knitr» [4] и «mixomics» [5] была получена классификационная модель (рис. 2). Также для проверки возможности применения Метода проекций на скрытые структуры и оценки точности определения класса (состояния) газопровода было построено распределение случайной величины по классам.

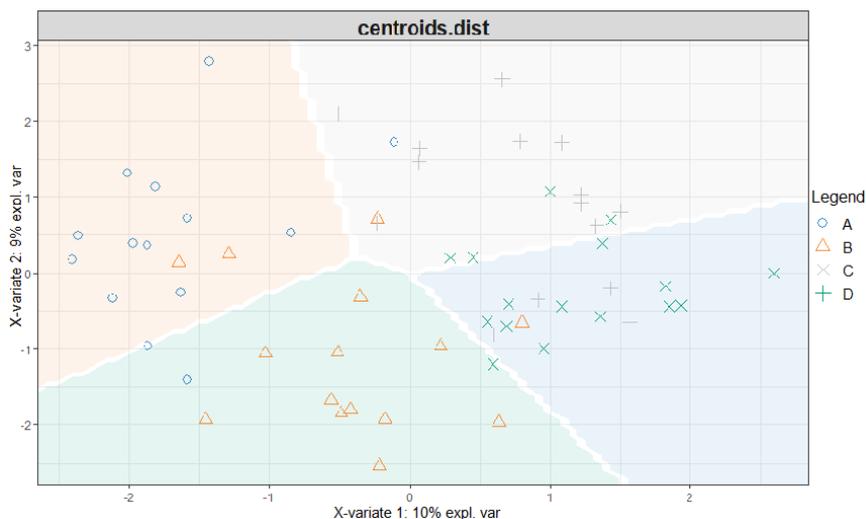


Рис. 2 Классификационная модель для исходных данных PLS-DA методом

Исходя из распределения случайной величины по классам, можно сделать вывод о том, что она может переходить от класса к классу. Возможны ошибки в предсказании класса состояния для газопровода, вследствие чего была проведена оценка точности метода. Оценка точности производилась при помощи ROC-кривой, которая показала, что точность предсказания для классов «А», «В», «С» и «D» составляет 0,98, 0,93, 0,93 и 0,96 %, соответственно (рис. 3).

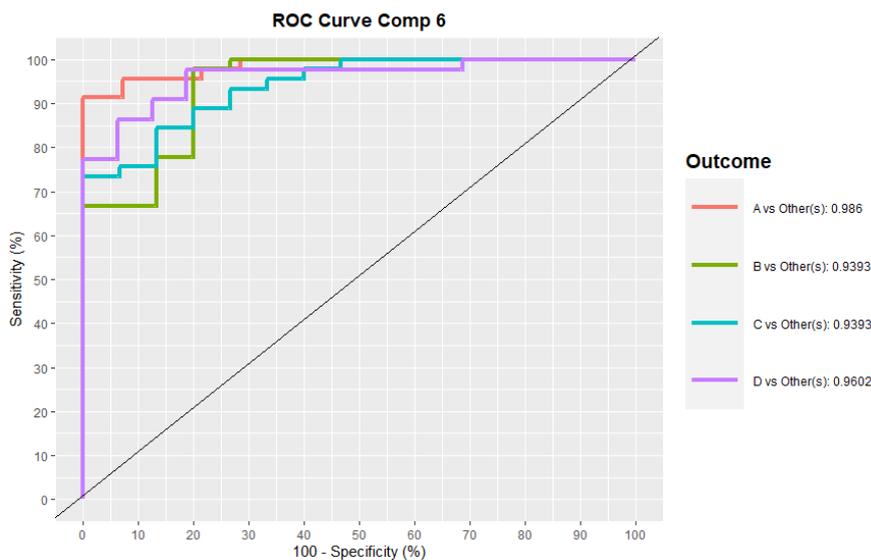


Рис. 3 Оценка точности PLS-DA метода

Метод PLS-DA был применен для четырех классов состояния газопровода. PLS-модель была построена и проверена на точность, которая показала достоверность результатов, получаемых вследствие применения метода PLS. Таким образом, метод PLS-DA позволяет автоматизировать метод оценки технического состояния стального газопровода с достаточно высокой оценкой точности определения класса (категории) газопровода, что позволяет упростить и исключить ошибки при рутинных расчетах.

Литература

1. Аралов О. В. Методология управления качеством сложных технических систем на объектах магистрального трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2019. Т. 9. № 6. С. 608–625.
2. Р Газпром 2.11-2016 Методика оценки технического состояния стальных и полиэтиленовых газопроводов.
3. RStudio [Электронный ресурс] URL: <https://rstudio.com/> (дата обращения 10.03.2021)
4. Xie Y. et al. A general-purpose package for dynamic report generation in R //R package version. – Т. 1.
5. Rohart F. et al. mixOmics: An R package for 'omics feature selection and multiple data integration //PLoS computational biology. – 2017. – Т. 13. – №. 11. – С. e1005752.