



УДК 550.832

ВЫДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОФАЦИЙ МЕТОДОМ МНОГОМЕРНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ НА ГРАФАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ КАРОТАЖНЫХ КРИВЫХ И РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА (НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

●●●●●

ELECTROFACIES CLASSIFICATION BY MULTI RESOLUTION GRAPH-BASED CLUSTERING METHOD USING LOG DATA AND CORE DATA: A CASE STUDY OF ONE OF WEST SIBERIAN OIL FIELDS

Аладьев Антон Павлович

магистрант,
РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Москва
aladyev.anton@gmail.com

Задорожня Ирина Анатольевна

начальник отдела петрофизического моделирования,
ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», Москва
irina.zadorozhnyaya@lukoil.com

Юртов Михаил Петрович

магистрант,
РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Москва
mikeyurtov@mail.ru

Аннотация. Литофации являются одним из наиболее важных параметров залежи. Как правило, они выделяются по результатам комплексных исследований керна, совместно с изучением данных каротажных кривых, поскольку данные каротажа напрямую связаны с петрофизическими параметрами горных пород. Это подразумевает, что метод распознавания фаций должен интегрировать данные каротажных кривых и результаты исследований керна для совместного анализа. Основная цель этого исследования состоит в использовании методов машинного обучения для выделения фаций в скважинах, в которых отсутствует информация о результатах исследований керна, на основе обученной модели.

Ключевые слова: литофации, выделение электрофаций, моделирование, метод кластеризации, интерпретация ГИС, исследования керна.

Aladev Anton Pavlovich

Master student,
Gubkin Russian State University of Oil
and Gas, Moscow
aladyev.anton@gmail.com

Zadorozhnyaya Irina Anatolievna

Head of Petrophysical Modeling Department,
LLC «LUKOIL-Engineering», Moscow
irina.zadorozhnyaya@lukoil.com

Yurtov Mikhail Petrovich

Master student,
Gubkin Russian State University of Oil
and Gas, Moscow
mikeyurtov@mail.ru

Annotation. Lithofacies are the most important parameters of the reservoir. The facies can be classified by the results of complex core studies, together with the study of well logs data, as the logging data are directly related to petrophysical parameters of rocks. This implies that the facies recognition method should integrate the log data and the results of the core studies for joint analysis. The main objective of this study is to use machine learning methods to isolate facies in wells where core research information is not available, based on a trained model.

Keywords: lithofacies, electrofacies classification, modeling, Multi Resolution Graph-based Clustering method, interpreting well logs, core analysis data.

В ыделение фаций в скважинах, в которых отсутствуют результаты комплексных геологических исследований керна, является крайне сложным процессом. Для оптимизации выполнения работ предлагается метод определения фаций на основании модели, обученной на основе скважин, в которых, наряду с данными каротажа, представлены также данные о результатах исследований керна.

В данной статье приведен пример построения модели для скважин одного из месторождений Западной Сибири, где для выделения фаций использовался метод многомерной кластеризации. Применение данного метода обусловлено довольно сложным геологическим строением месторождения и небольшим количеством скважин, в которых проводился отбор и изучение керна. Для построения и анализа модели использовался программный пакет Facimage Geolog 8. Структура исходных данных представлена на рисунке 1.

Построение модели опорной скважины производилось по данным скважины, в которой представлены все литотипы, а также проводились исследования керна. Для выделения электрофаций использовались кривые GR, DENS, DGK, DTP, а также данные о водонасыщенности горных пород. Загруженные данные были нормированы, а также отделены значения, выходящие за пределы доверительных интервалов. Эти данные использовались для построения модели опорной скважины, которая в дальнейшем позволит выделять фации в разрезе других скважин.

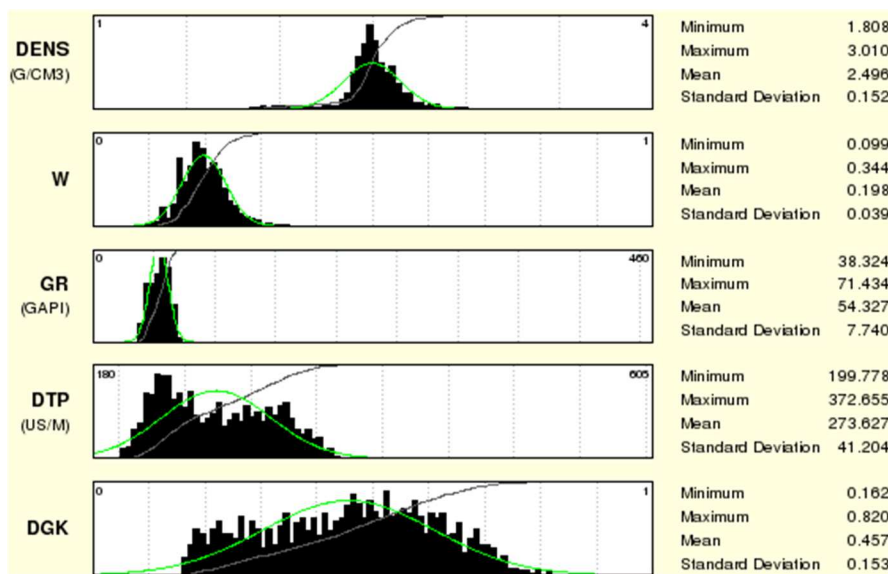


Рисунок 1 – Представление исходных данных по скважине

Построение модели электрофаций опорной скважины возможно с использованием различных алгоритмов:

- Multi-Resolution Graph-Based Clustering (MRGC) – Многомерная кластеризация на графах.
- Dynamic Clustering (DYNCLUST) – Динамическая кластеризация.
- Ascendant Hierarchal Clustering (AHC) – Иерархическая кластеризация.
- Self Organizing Map (SOM) – Самоорганизующаяся карта.
- Artificial Neural Networks (ANN) – Искусственная нейронная сеть.

Следует отметить, что метод моделирования необходимо подбирать исходя из данных обучающей выборки. Для данных различных месторождений методы могут быть различны. Количество кластеров, получаемое на данном этапе зависит от структуры обучающей выборки и может изменяться в широких пределах. В данном случае модель электрофаций с 20 кластерами была построена методом многомерной кластеризации на графах (MRGC) (рис. 2).

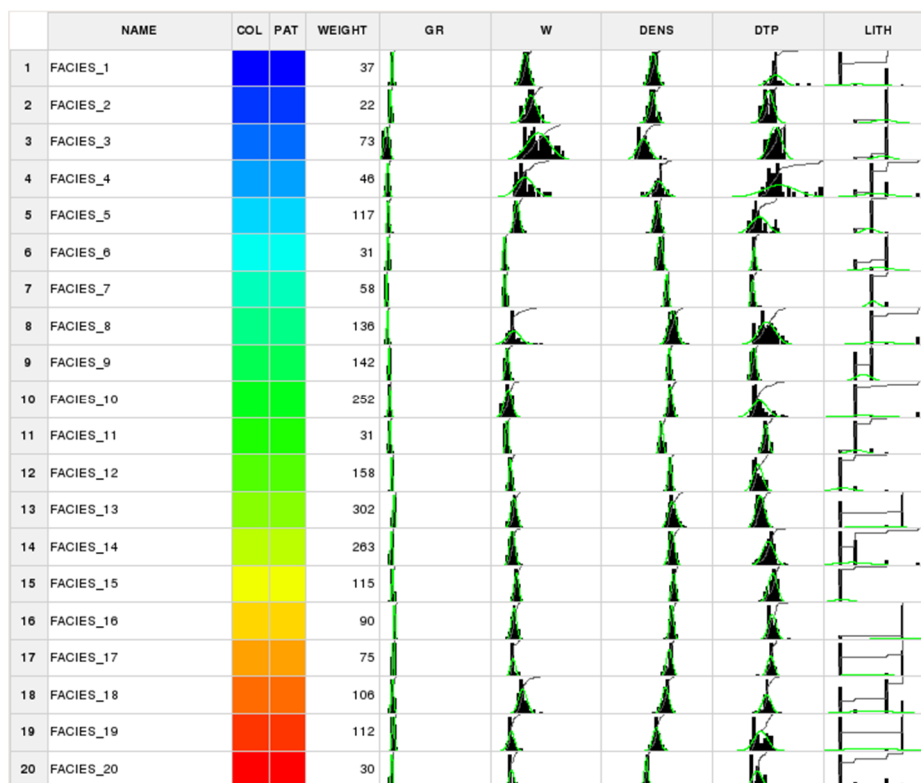


Рисунок 2 – Результат выделения электрофаций в опорной скважине



При использовании метода многомерной кластеризации анализируется структура обучающей выборки и определяются группы, на которые эти данные естественным образом делятся по значениям входных кривых. Небольшие кластеры в дальнейшем корректируются и группируются вручную, в соответствии с результатами исследований керна. Для одного из месторождений Западной Сибири кластеры были объединены в 6 групп, в соответствии с принятыми литотипами. Данная модель обеспечивает наибольшую сходимость с данными описания керна.

Модель, полученная в ходе обработки данных ГИС и результатов исследований керна в опорной скважине, была в дальнейшем использована для выделения фаций в скважинах, в которых лабораторные исследования керна отсутствовали (рис. 3). Применение такого подхода позволило с высокой точностью произвести выделение литотипов в скважинах и в дальнейшем будет использоваться для описания новых скважин, которые не охарактеризованы керном.

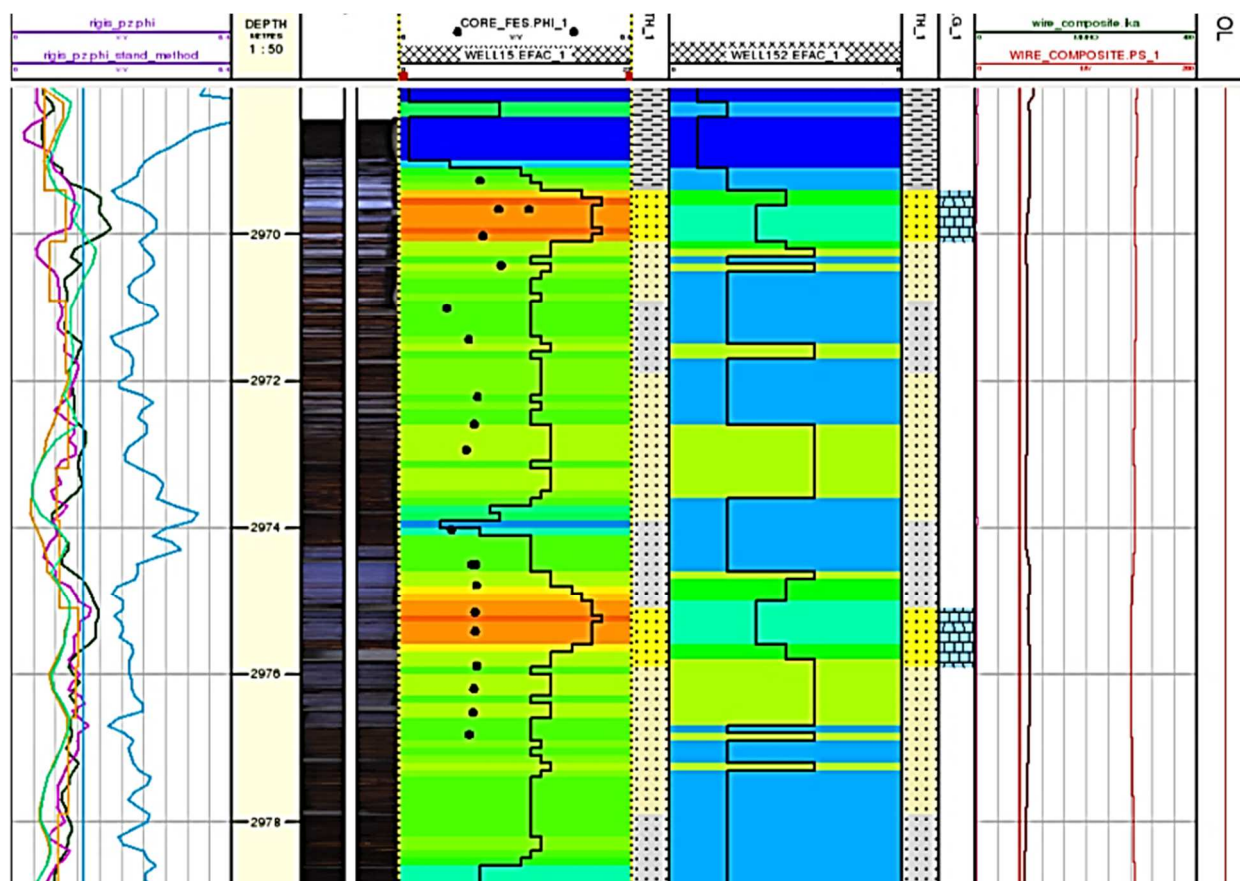


Рисунок 3 – Результат выделения электрофаций в разрезе скважины по данным ГИС методом многомерной кластеризации на основе обученной модели

Заключение

Метод многомерной кластеризации на графах является подходящим способом для автоматической классификации данных. Для этого необходимо построить контролируемую модель для опорной скважины, на основе каротажных кривых и результатов исследований керна, и распространить параметры на скважины, результаты исследований керна в которых отсутствуют. Подбор подходящих параметров для метода кластеризации обеспечивает высокую точность корреляции между фациями, выделенными по керну и электрофациями, выделенными по каротажным кривым.

Литература / References

1. Ju hwan Woo. Electrofacies classification of Horn River Shale by Multi Resolution Graph-based Clustering / Ju hwan Woo, Chul woo Rhee, Jae hwa Jin // Geoconvention. – Calgary, Canada, 2018.
2. B.S. Daya Sagar. Handbook of Mathematical Geosciences / B.S. Daya Sagar, Qiuming Cheng, Frits Agterberg. – Switzerland, 2018. – 911 p.
3. Advanced electrofacies modelling and permeability prediction: a case study incorporating multi multi-resolution core, NMR and image log textural information into a carbonate facies study / Darling Criollo, Zureisy Marin, Diego Vasquez // The 22nd Formation Evaluation Symposium of Japan, September 29–30, 2016.
4. Role of the Cluster Analysis in Logfacies and Depositional Environments Recognition from Well Log Response for Mishrif Formation in Southeast Iraq / Jawad K. Radhy AlBahadily, Medhat E. Nasser // International Journal of Engineering Research & Science (IJOER). – Vol. 3, December 2017. – P. 35–45.