

Басалаева Анастасия Юрьевна

студентка

Гареева Гульнара Альбертовна

канд. пед. наук, доцент

Григорьева Диана Рамилевна

канд. пед. наук, доцент

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский)

федеральный университет»

г. Казань, Республика Татарстан

ПОСТРОЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

***Аннотация:** нефтедобывающие компании при добыче нефти встречаются с различными осложнениями. В работе уточняется, что логистическая регрессионная модель применяется для выявления парафиновых отложений на нефтепромысловых объектах и позволяет выявлять и предупреждать неисправности.*

***Ключевые слова:** логистическая регрессионная модель, парафиновые отложения, нефтепромысловые объекты, логистическая функция.*

В практике эксплуатации скважин нефтедобывающие компании встречаются с различными осложнениями (асфальтосмолопарафиновые отложения, вынос песка и образование песчаных пробок, отложение солей). Наиболее серьезные осложнения возникают в связи с отложениями асфальтенов, смол и парафинов (асфальтосмолопарафиновые отложения). В составе нефти, добываемой на месторождениях России, содержится различное количество высокомолекулярных соединений, таких как парафины, смолы, асфальтены. Особенно эта проблема актуальна для месторождений Татарстана и Башкортостана. Вследствие отложения асфальтосмолопарафинов уменьшается приток нефти, увеличивается нагрузка на станки-качалки (обрыв штанг, повышение расхода энергии, увеличение утечек через плунжер и клапан и, соответственно, уменьшение

коэффициента подачи) и ЭЦН (уменьшение производительности, увеличение затрат энергии, перегрев электродвигателя) [4].

Для выявления отложений парафинов в скважинах, предлагается использовать метод логистической регрессии. Это позволит своевременно выявлять отложения парафинов и смол на стенках стволов скважин, на штангах, выкидных линиях и нефтепромысловом оборудовании.

Логистическая регрессия – это статистическая модель, применяемая для предсказания вероятности возникновения некоторого события по значениям множества переменных, как количественных, так и категориальных [2, с. 321]. Для этого вводится так называемая зависимая переменная y , принимающая лишь одно из двух значений – как правило, это числа 0 (событие не произошло) и 1 (событие произошло), и множество независимых переменных (также называемых признаками, предикторами или регрессорами) – вещественных x_1, x_2, \dots, x_n , на основе значений которых требуется вычислить вероятность принятия того или иного значения зависимой переменной. Делается предположение о том, что вероятность наступления события $y = 1$ равна:

$P\{y = 1 \mid x\} = f(z)$, где $z = \theta^T x = \theta_1 x_1 + \theta_n x_n$, x и θ – векторы-столбцы значений независимых переменных x_1, \dots, x_n и параметров (коэффициентов регрессии) – вещественных чисел $\theta_1, \dots, \theta_n$, соответственно, а $f(z)$ – так называемая логистическая функция: $f(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$. Логистическая функция представлена на рисунке 1 [3, с. 231].

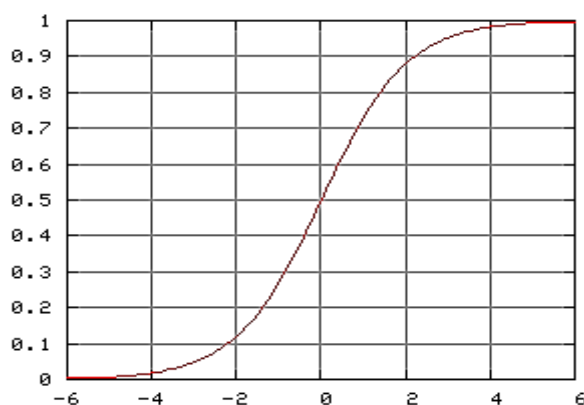


Рис. 1. Логистическая функция

В прикладном статистическом анализе логистическая регрессия используется для решения двух задач: моделирования взаимосвязи и классификации наблюдений. Логистическую регрессию применяют при проведении клинических исследований в медицине, для моделирования поведения покупателей и различных сферах. Рассчитать модель логистической регрессии можно практически во всех программах для профессионального статистического анализа данных таких, как SPSS, SAS, R, Statistica и других [1, с. 15].

В качестве признаков для построения модели были использованы признаки давление и пиковая нагрузка на насос, где p – наличие отложений, n – отсутствие отложений (табл. 1).

Таблица 1

Обучающая выборка

id (идентификатор нефтепромыс- лового объекта)	conclusion (результат)	pressure (давление)	peak load (пиковая нагрузка)
2908	p	217	4013
1231	n	123	3000
4543	n	109	3202
4545	n	132	3589
6564	n	93	2630
6654	p	229	4700
6561	p	197	4329
6754	n	102	3122
7887	n	89	2938
7658	n	90	3124
7878	n	118	3319
9099	p	203	4567
9098	n	121	3410
2063	p	230	4783
6890	p	243	4967
9087	n	101	3109
8765	p	200	4567
9876	n	101	3105
0909	n	113	3240
3217	n	97	3089
5464	p	213	4856
7908	n	106	3248
6436	n	111	3301
6742	n	92	3001
5632	n	94	3121
1088	p	257	4976
7889	p	254	4889
9877	n	76	2785
9000	n	79	2856
9021	n	107	3287

Получены коэффициенты регрессии θ для построения логистической кривой. Теперь модель готова для выявления парафиновых отложений на интересующих нефтяных промысловых объектах. Скрипт реализован на языке *R*. Реализация регрессионной логистической модели изображено на рисунке 2.

```
model<-glm(formula = clients$V2[i] ~ clients$V3[i] + clients$V4[i],
family = binomial, data = clients) // построение модели
teta=coef(model)
```

Рис. 2. Модель на языке R

Нанесем облако точек на график, изображенный на рисунке 3. Скважины с наличием парафиновых отложений будут окрашены в синий цвет, а без отложений в красный.

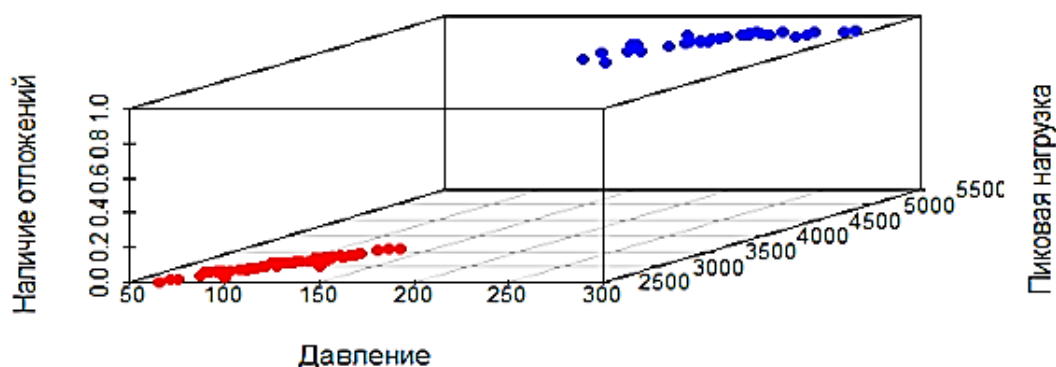


Рис. 3. Зависимость наличия отложений в скважине от давления и пиковой нагрузки

Определим наличие парафиновых отложений с помощью полученной модели. Полученные результаты изображены в таблице 2.

Таблица 2

Результат работы модели

давление	пиковая нагрузка	вероятность
217	4013	0,994221
123	3000	0,022532
229	4700	0,997389
92	3001	0,019326
293	5021	0,998372

Модель показала результат без ошибок и достаточно точно.

Логистическая регрессионная модель с высокой степенью вероятности подходит для выявления парафиновых отложений на нефтепромысловых объектах и позволяет обнаруживать и предупреждать неисправности. Вовремя обнаруженное критическое состояние объектов позволяет сэкономить миллионы рублей нефтедобывающим компаниям.

Список литературы

1. Hosmer D.W., Lemeshow S. Applied logistic regression. NY: John Wiley & Sons, 2013.
2. Harrell Frank. Regression modeling strategies. NY: Springer, 2012.
3. Елисеева И.И. Статистика: Учебник для вузов / И.И. Елисеева; отв. ред. И.И. Елисеева. – М.: Юрайт, 2012. – 565 с.
4. Причины отложения асфальтенов, смол и парафинов в скважинах коммуникациях. Методы удаления АСПО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studopedia.org/11-35810.html>