

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЕОСТАТИСТИКИ В ФАКТОРНО-РЕГРЕССИОННОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОРИСТОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ АТТРИБУТАМ

Амани Мануга Марк М.  
Научный руководитель: О.В. Стукач  
Томский политехнический университет  
mangouam@yahoo.fr

## Введение

Современная геостатистика – это широкий спектр статистических моделей и инструментов для представления, обработки и анализа пространственно распределённой информации [1].

Прогноз фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) коллекторов нефти и газа по анализу сейсмических атрибутов – это сложный технологический процесс. Он разбивается на три этапа: на первом проводится извлечение значений сейсмических атрибутов в точках скважин; на втором – поиск корреляционных связей между извлечёнными значениями и скважинными параметрами; на третьем – получение и анализ карт, показавших лучшие статистические связи с искомыми геологическими параметрами. Очевидно, что самыми трудоёмкими этапами, представляющими собой большей частью однотипные, но многочисленные операции, являются первые два, которые и необходимо оптимизировать за счёт автоматизации. И только третий этап требует максимальной задействованности непосредственно самого интерпретатора.

Существует несколько подходов к анализу и обработке пространственно-распределённых данных, который можно условно разделить на три класса: 1) детерминистические модели – это линейная интерполяция, 2) геостатистика – модели, базирующиеся на статистической интерпретации данных, 3) алгоритмы, основанные на обучении.

Атрибутный анализ проводился в специализированном программном комплексе Petrel (2014) компании Schlumberger. Атрибутный анализ сейсмической записи выполняется с целью прогноза эффективных параметров, например, пористость пласта по площади в межскважинном пространстве. По данным сейсморазведки вычисляется большое количество кинематических и динамических параметров (75 атрибутов) сейсмического волнового поля. Далее устанавливается регрессионная зависимость между ФЕС: пористость пласта и значениями сейсмических атрибутов в точках скважин, и на этой основе осуществляется прогноз ФЕС пласта в межскважинном пространстве.

## Корреляционный анализ

Для выявления переменных, в наибольшей степени влияющих на пористость коллектора, проводится корреляционный анализ, и рассчитываются коэффициенты корреляции. Расчёты выполнялись в пакете Statistica 8.0 [2]. В результате было выявлено

множество значимых переменных, причём коэффициенты корреляции близки по значению. Возможно есть много ложных корреляций.

## Факторный анализ

Факторный анализ проводился для выявления близких групп переменных, значимо влияющих на пористость [3]. Этот метод позволил проследить значимость корреляционных связей между отдельными параметрами – факторами. Поскольку значений сейсмических атрибутов очень много (порядка 80), анализ корреляционных связей между ними позволил высветить основную информацию о взаимной связи переменных. Применение пакета Statistica при выполнении факторного анализа позволило получить весьма наглядную картину связей между сейсмическими атрибутами и пористостью (Рис. 1). Это график факторных нагрузок, который показывает объединение переменных по факторам, где корреляции наибольшие.

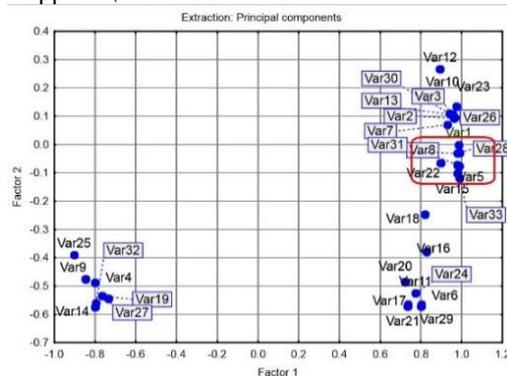


Рис. 1. График факторных нагрузок

В нашем случае наиболее близки к переменной Var1 (пористость) пять переменных, что вместе образует главный фактор. Другие факторы, влияющие на пористость, менее значимы, хотя полностью исключать их влияние нельзя.

## Регрессионная модель

Для прогноза значений пористости был проведен регрессионный анализ, который является одним из наиболее распространённых методов обработки экспериментальных данных при изучении зависимостей во многих областях, в том числе геологии [4]. Целью было определение аналитического выражения, в котором изменение пористости, в нашем случае зависимой переменной или результативного признака у обусловлено влиянием одной или нескольких независимых величин (факторов)  $x_1, x_2, x_n$ . Множество всех прочих факторов, также оказывающих влияние на пористость, при-

нимается за постоянные значения и неопределённый фактор. Для разведочного анализа выберем построение трёхмерных графиков. В качестве примера приведём типичную картину (см. Рис. 2).

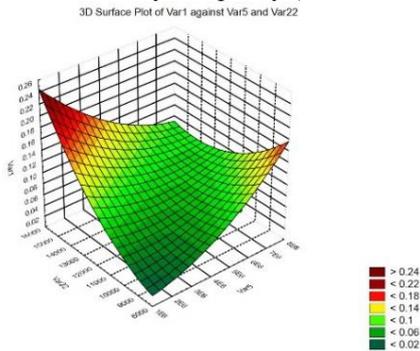


Рис. 2. График зависимости переменной Var1 от Var28 и Var30 (пример)

Зависимость переменной  $y$  (Var1) от Var28 и Var31 не является сильно нелинейной. Поэтому можно попытаться найти модель в виде  $y=b_0+b_1*v_1+b_2*v_2+\dots+b_n*v_n$  (уравнение плоскости). В программе Statistica 8.0 было найдено уравнение для наилучшей регрессионной модели, и с найденными коэффициентами оно имеет вид:  $y=0,0145+0,5088*v_{28}$  (Рис 3). Уравнение объясняет 97,71 % вариации зависимой переменной. В адекватности полученной математической модели можно убедиться по анализу остатков.

#### Оценка фактической адекватности модели

Базовой информацией стали значения пористости коллекторов трещиноватого типа по девяти скважинам. По кубам атрибутов в интервале продуктивного пласта были рассчитаны значения атрибутов. Обнаружена довольно тесная связь пористости коллекторов трещиноватого типа с атрибутом Var28 по уравнению регрессии, что дало нам основание пересчитать карты атрибутов в карту прогноза пористости (см. Рис. 3).

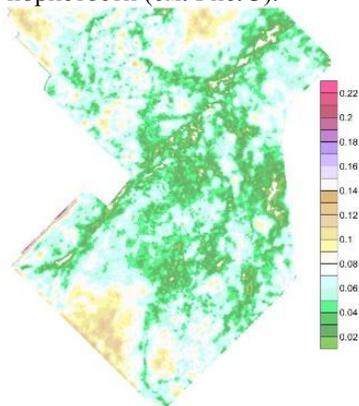


Рис. 3. Карта пористости продуктивного пласта, построенная с применением наилучшей регрессионной модели

Согласие зависимости прогнозной карты пористости от Var28 с фактическими данными по скважинам составляет 94,79 %. Эти результаты говорят об адекватности регрессионной модели (см. Рис. 4).

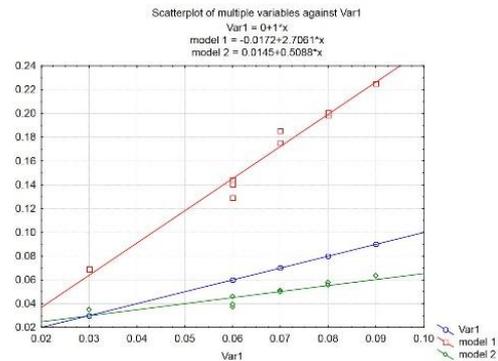


Рис. 4. Регрессионные модели распределения пористости

#### Заключение

Мы выполнили прогноз пористости пород в межскважинном пространстве. Эти данные важны как для адекватного построения трехмерной геологической модели, так и сами по себе в качестве информационного обеспечения принятия решения о местоположении точек бурения новых скважин. Анализ сейсмических атрибутов очень важен при поисковых и разведочных работах, так как результаты анализа атрибутов позволяют дать подробную оценку характеристик резервуара.

В результате применения факторного анализа была подтверждена гипотеза о том, что выявление скрытых коррелированных факторов не позволяет прояснить взаимосвязь между пористостью и сейсмическими атрибутами. Тем не менее, факторный анализ позволил определить наиболее значимые сейсмические атрибуты. С увеличением числа факторов существенно возрастают трудности их физической интерпретации, и это требует дополнительных исследований.

#### Список использованных источников

1. Волкова М.С. Стохастическое моделирование на основе многоточечной статистики с применением сейсмических атрибутов в качестве обучающих образцов // Геофизика. 2015. № 6. С. 68–73.
2. Стукач О.В. Программный комплекс Statistica в решении задач управления качеством. - Томск: Изд-во ТПУ, 2011. - <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m426.pdf>.
3. Ершов И.А., Стукач О.В. Использование корректного нормирования статистических данных в кластерном анализе // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. г. Юрга, 19-20 ноября 2015 г. - Издательство ТПУ, Томск, 2015. - С. 32-34. - <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C79/010.pdf>
4. Кочумеев В.А., Мирманов А.Б., Стукач О.В. Изучение проблемных ситуаций в разработке перспективных геофизических информационно-измерительных систем // Вестник науки Сибири. - Т. 4. - № 3. - 2012. - С. 99-102. - ISSN 2226-0064. - <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/361>