**Настройка и решение обратной петрофизической задачи на основе использования сочетания параметрических и непараметрических взаимосвязей**

Еникеев Б.Н. ЗАО ПАНГЕЯ

**Аннотация**

Предлагается использовать совместно параметрические и непараметрические петрофизические взаимосвязи при применении оптимизационного способа комплексной обработки и поддержи интерпретации данных каротажа. Программа опробована на методических тестах и в конкретных геолого-геофизических условиях.

**Введение**

Начиная с работы Л.А.Халфина [1] и последующих публикаций Ф.М.Гольцмана[2], а также работ по раскрытию механизмов Л.С.Полака (1970) и cтатистической регуляризации В.Ф.Турчина (1974) в геофизику, а впоследствии и в каротаж (Б.Н.Еникеев 1974 [3]), проникли и распространились методы решения (системы GLOBAL (1979), ULTRA (1982), OPTCOM (1987), SOLVER (1987), PST(1992), ELAN (1993)) и настройки (Б.Н.Еникеев 1985 [4]) систем петрофизических взаимосвязей. Близкие по идеологии постановки активно распространяются в последнее время и на западе [5].

К сожалению, все реже обращается внимание на то, что надежность решения получаемого использованием этого метода, как и cравнительно новых методов обработки данных (таких как нейронные сети, деревья решений, размытые множества) зависит не только от качества реализации вычислительного алгоритма, но в первую очередь от адекватности и полноты используемой априорной информации.

В практика интерпретации мы нередко сталкиваемся со случаями, когда эта информация или трудно доступна или просто плохо используется специалистами, поскольку не осознается ими или не описывается в рамках известных им представлений. Ниже предлагается способ комплексирования решений, полученных одновременно параметрическими и непараметрическими методами.

**Описание метода.**

Моделирование и практический опыт интерпретации показывают, что методы статистической обработки, основанные на применении параметрических моделей более устойчивы к выбросам, но нередко менее устойчивы при решении в случае сильно зашумленных данных и при наличии не учитываемых внутренних корреляций чем формальные методы обработки данных (такие как регрессионные, непараметрические регрессии, нейронные сети, деревья решений, размытые множества). Такие выводы можно рассматривать как вполне естественные в условиях ограниченной выборки, особенно когда специфика системы параметрических моделей такова, что их чувствительность к части переменным мала или воздействие нескольких переменных трудно различимо в окрестности решения (аналог мультиколлинеарности).

В указанных случаях наиболее критично насыщение моделей априорной информацией (в первую очередь регрессиями и ограничениями на переменные и на область их изменения). Такой подход (просвещенный выбор набора уравнений взаимосвязи показаний каротажа Y и искомых свойств X и взаимосвязей этих свойств) показан на Рис 1.

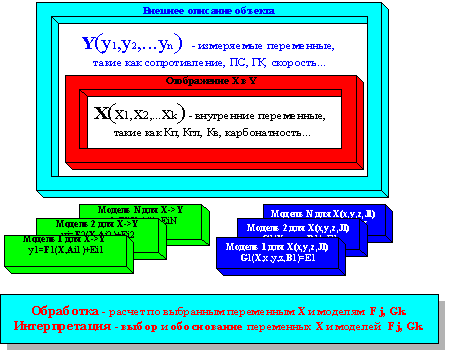


Рис 1. Системная схема представления объекта интерпретации

Оборотной стороной достоинств такого подхода и его пригодности для экстраполяции за материал обучения является его низкая гибкость в задачах внутри области изменения материалов обучения. Представляется интересным найти подход, сочетающий достоинства обеих методов.

При этом мы формально остаемся в рамках байесовского подхода, но осознанно заменяем неизвестное априорное распределение его аппроксимациями. Качество получаемого решения зависит при этом от адекватности аппроксимаций, а удобство работы интерпретатора от продуманности и естественности интерфейса пользователя. С целью построения аппроксимаций, в частном случае петрофизических взаимосвязей, предлагается использовать уравнения неравенства, отражающие взаимосвязи переменных, в частности отсекающие области их недопустимых значений (процедуру подобного построения огибающих предлагается проводить численно с использованием программ нелинейного оценивания или интерактивно).

Последующее использование построенных взаимосвязей проводится методом условной нелинейной оптимизации. Таким образом реализованный подход позволяет не только учитывать влияние вариации компонентного состава породы, но и дает возможность не впасть в соблазн чрезмерного доверия к результатам измерений каротажа и коэффициентам петрофизических взаимосвязей: априорные ограничения на области корреляционных полей резко сужают объем петрофизически нереализуемых сочетаний компонент, естественным образом уменьшая вероятность грубых ошибок за счет статистической регуляризации.

Настройка коэффициентов параметрических уравнений системы производится во внешнем блоке нелинейного оценивания, при котором результат текущей итерационной обработки по разрезу в целом свертывается в функционал, оценивающий ее качество.

Предложенный подход наиболее полезен при решении задач с числом переменных не менее 4-5 и сложным характером взаимосвязей между ними. Мы опробовали его на тестах и применяли при обработке сложных отложений (карбонатных, метаморфических и для нетрадиционных коллекторов).

**Пример применения.**

Нам представляется наиболее интересной обработка данных по отложениям баженовской свиты для одного из месторождений Западной Сибири. В качестве наиболее адекватного набора переменных были выбраны содержания глин, известняка, доломита, керогена, пирита, пористости и насыщения.

Фактически используемая нами система взаимосвязей представляет собой несколько принципиально разных типов взаимосвязей:

· набор линейных уравнений для описания взаимосвязей водородосодержания, интервального времени, плотности и показаний трех компонент спектрального метода естественной радиоактивности с компонентным составом породы;

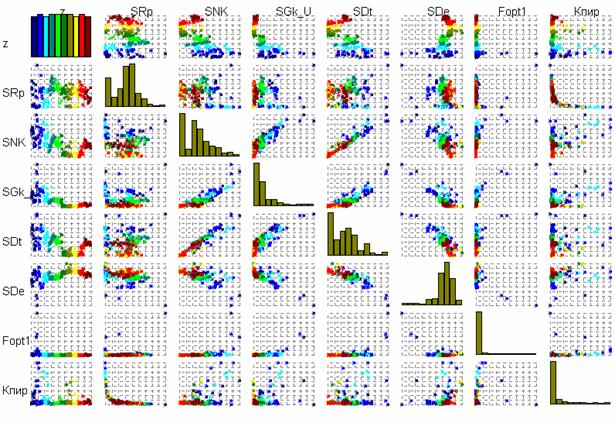
· уравнение для сопротивления (имеются варианты, учитывающие перколяционные эффекты при высоком содержании пирита);

· уравнение объемного баланса;

· уравнения и неравенства связки ряда компонент друг с другом (в частности неравенства, ограничивающие область допустимых значений для компонент).

В результате проведения этой работы получается функционал, отражающий невязку вычисленных по моделям и измеренных в скважине показаний методов каротажа с максимальным учетом априорной информации (она выражается как в выборе набора петрофизических взаимосвязей – моделей, их коэффициентов, весов методов, так и в учете внутренних взаимосвязей).

Отдельные иллюстративные примеры приведны ниже на рисунке в виде MXY плота иллюстрирующем взаимосвязь восстановленных показаний каротажа.



Сопоставляя реализованный алгоритм с ранее предлагаемыми для отложений баженовской свиты можно отметить следующее:

· он обобщает все традиционные подходы, основанные на использовании идеологии систем линейных уравнений, давая возможность учитывать погрешности измерений, размытость моделей и ограничения;

· он позволяет обобщить подходы, связанные с подразделением пород на литотипы за счет гибкого учета особенностей априорных распределений свойств компонент;

· применение алгоритма позволяет на основе интерактивного уточнения степени уверенности в результатах измерений каротажа и их предшествующей интерпретации и априорной информации сочетать методы классифицирования и отыскания решений, наиболее хорошо удовлетворяющие системам взаимосвязей.

Хотя основные проблемы имеют жесткий петрофизический смысл (до конца не уточненный в ходе нашего рассмотрения) результаты определяются как качеством исходных данных для построения петрофизических моделей, так и способом обработки этих данных и их обоснованием.

**Выводы**

Разработан оптимизационный алгоритм интерпретации данных, позволяющий интегрировать различные методы каротажа и гибко включать априорную информацию о распределении искомых свойств породы.

Данная программа при наличии адекватного комплекса методов каротажа позволяет более надежно расчленять разрез и оценивать характеристики породы (включая необходимые для оптимизации методов интенсификации притоков), чем на основе традиционных методов интерпретации каротажа, упрощенно отражающих влияние компонентного состава на физические свойства пород.

**Список литературы**

1. Халфин Л.А. Информационная теория интерпретации геофизических исследований ДАН СССР т.122 № 6 1958

2. Гольцман Ф.М. Cтатистические модели интерпретации Наука Ф/М. 1971 327cтр.

3. Еникеев Б.Н. Cистемный подход к статистической интерпретации геофизических данных в задачах с априорно известной структурой многомерных моделей. Тезисы семинара “Применение математических методов и ЭВМ в геологии” Алма-Ата 1974, стр. 85-87. (www.petrogloss.narod.ru)

4. Еникеев Б.Н., Кашик А.С., Чукина Л.В., Чуринова И.М. Оценка коллекторских свойств пласта путем настройки и решения систем петрофизических уравнений на ЭВМ. М.: ВНИИОЭНГ, 1985 (Обзорная информация, сер. Нефтегазовая геология и геофизика, Вып. 7(80)).

5. Mosegaard K, Tarantolla A. Probabilistic Approach to Inverse Problems In: International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, published by Academic Press for the International Association of Seismology and Physics of the Earth Interior, 2002.