

ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ АТРИБУТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

А.А. Аржаник, А.А. Шевченко
Научный руководитель: В.В. Шестаков
Томский политехнический университет
arzh_sasha@mail.ru

Введение

Петрофизические параметры геологической среды несут в себе важную информацию о наличии или отсутствии углеводородных коллекторов. Информация об этих параметрах известна лишь в ограниченном пространстве вблизи скважин, ввиду чего актуальной является задача прогноза в пределах некоторого объема. Существующие методы решения данной задачи можно разделить на две группы: использующие только данные о прогнозируемом параметре и базирующиеся на привлечении сейсмических атрибутов. Эффективность методов второй группы зависит от множества факторов, среди которых – информативность сейсмического атрибута [1]. Под информативным сейсмическим атрибутом подразумевается такой атрибут, который с определенной точностью измеряет свойство прогнозируемого параметра [2].

В настоящее время не существует однозначного критерия оценки информативности атрибута, так как существование связи между атрибутами и параметрами ГИС принимается на уровне аксиомы. Это привело к созданию множества методов моделирования, предлагающих собственную взаимосвязь, а также к тому, что критерии информативности могут давать противоречивые результаты. Целью данной работы является демонстрация таких противоречий. В ходе работы критерии информативности подбирались максимально обоснованно для метода моделирования, описанного в следующем разделе. В качестве исходных данных использовались сейсмические атрибуты и параметры ГИС, полученные в пределах одного из месторождений Томской области.

Описание метода построения модели

Исходными данными для метода являются: значения параметров среды, измеренные методами геофизических исследований скважин (ГИС); значения сейсмических атрибутов, измеренные по равномерной трехмерной сетке в пределах всего исследуемого объекта.

Оцениваемое значение параметра ГИС в точке прогноза с координатами (x, y, h) представляется в виде следующей взвешенной суммы [3,4]:

$$\hat{F}(x, y, h) = \sum_{i=1}^N v_i(x, y, h) f_i(h), \quad \sum_{i=1}^N v_i = 1, \quad (1)$$

где $f_i(h)$ – значения параметра ГИС, измеренные в стволе i -ой скважины; N – количество скважин; $v_i(x, y, h)$ – весовая функция (ВФ) i -ой скважины.

Аналогичная модель также записывается для некоторого сейсмического атрибута:

$$\hat{S}(x, y, h) = \sum_{i=1}^N w_i(x, y, h) s_i(h), \quad \sum_{i=1}^N w_i = 1, \quad (2)$$

где $\hat{S}(x, y, h)$ – значение сейсмического атрибута в точке прогноза; $s_i(h) = S(x_i, y_i, h)$ – значение сейсмического атрибута вблизи i -ой скважины; $w_i(x, y, h)$ – ВФ сейсмических данных вблизи i -ой скважины.

Расчет численных значений $w_i(x, y, h)$ сводится к решению СЛАУ вида [3]:

$$C(h) \cdot W(x, y, h) = C_0(x, y, h), \quad (3)$$

где $C(h)$ – матрица ковариаций значений сейсмического атрибута в точках скважин; $W(x, y, h)$ – матрица весовых функций; $C_0(x, y, h)$ – матрица ковариаций сейсмического атрибута в точках скважин и в точке прогноза.

Учитывая то, что данные ГИС и сейсмические атрибуты измерены в пределах одного геологического объекта, можно предположить, что их ковариационные свойства близки. Следовательно, функции w_i , вычисляемые в соответствии с выражением (3), должны быть схожими с функциями v_i , а выражение (1) -эквивалентно выражению (4):

$$\hat{F}(x, y, h) = \sum_{i=1}^N w_i(x, y, h) f_i(h). \quad (4)$$

Подробное описание метода изложено в [3].

Критерии оценки информативности

В условиях выбранного метода моделирования для оценки информативности сейсмических атрибутов были предложены три критерия:

1. Линейная зависимость между параметрами ГИС и сейсмическими атрибутами.

Левая часть системы (3) – ковариационная матрица, коэффициенты которой соответственно определяют степень линейной взаимосвязи между значениями сейсмического атрибута вблизи скважин. Можно предположить, что чем значимее линейная зависимость между значениями сейсмического атрибута и значениями параметра ГИС, тем более схожи ковариационная матрица, составленная по данным ГИС, и ковариационная матрица системы (3) и тем более схожи w_i и v_i .

В качестве меры линейной зависимости в данном случае наиболее удобным является *коэффициент корреляции Пирсона*, так как в отличие от ковариации он варьируется в диапазоне $[-1; 1]$ и, следовательно, более прост для интерпретации.

2. Разница решений систем, составленных по параметрам ГИС и по сейсмическим атрибутам.

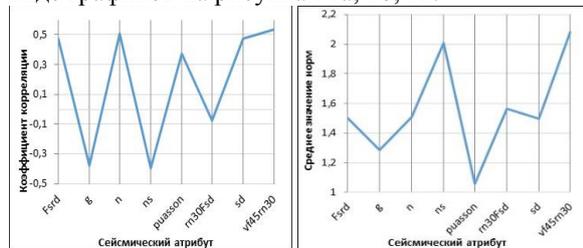
Т.к. ВФ w_i и v_i принимаются схожими, точность выражения (4) можно проверить, сопоставив решения систем, составленных по сейсмическому атрибуту и по параметру ГИС. Однако ввиду того, что параметр ГИС неизвестен в межскважинном пространстве, правую часть соответствующей СЛАУ составить невозможно.

Возможным решением данной проблемы является метод кросс-валидации, в соответствии с которым усредненное значение ошибки можно получить, последовательно используя данные каждой скважины для составления правой части системы. При этом в качестве количественной меры рассматриваемого критерия может использоваться норма разницы w_i и v_i . В таком случае наиболее информативным принимаем тот атрибут, при котором норма разницы минимальна.

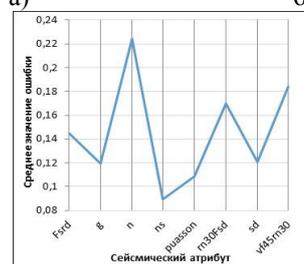
3. Отклонение прогнозного значения ГИС от реального. Расчет отклонения прогнозного значения от реального был также осуществлен методом кросс-валидации. Очевидно, что чем меньше значение ошибки прогноза, тем более информативен атрибут.

Результаты применения критериев

В качестве исходных данных использовался параметр ГИС – Ars (потенциал самопроизвольно возникающего электрического поля), измеренный в стволах шести скважин, и 8 сейсмических атрибутов. Информативность каждого атрибута относительно Ars была оценена с помощью трех критериев. Соответствующие результаты приведены в виде графиков на рисунках 1а, 1б, 1в.



а) б)



в)

Рис. 1. а - Среднее значение коэф. корреляции; б - средняя норма разности решений систем; в - средняя ошибка прогноза

По графику на рис. 1а можно определить, что атрибут $v45rn30Fsd$ обладает наиболее значимой линейной взаимосвязью с Ars . По графику на

рис. 1б можно отметить, что наименьшее среднее значение нормы разности по шести скважинам наблюдается при использовании атрибута $puasson$. В соответствии с графиком на рис. 1в, среднее отклонение прогнозного значения Ars от его реального значения минимально при использовании атрибута ns .

Результаты по всем критериям сведены в таблицу (табл. 1).

Таблица 1. Информативные атрибуты по трем критериям

Критерий оценки информативности	Наиболее информативный атрибут
Максимальная корреляция	$v45rn30Fsd$
Эквивалентность систем	$puasson$
Отклонение прогнозного значения	ns

Выводы

По таблице 1 видно, что, несмотря на обоснованность каждого из трех критериев, результаты их применения противоречат друг другу. Такая противоречивость может быть объяснена несколькими причинами: между сейсмическими атрибутами и параметрами ГИС не существует однозначной взаимосвязи, поэтому прямой расчет линейной взаимосвязи между ними не может считаться надежным; используемая выборка скважин слишком мала для применения метода кросс-валидации, поэтому исключение даже одной скважины может оказаться значимым для оценки; используемая выборка атрибутов также мала, ввиду чего велика вероятность, что информативного атрибута среди всего набора нет.

Список использованных источников

- 1) Лаврик А.С., Логинов Д.В., Ванярко М.А. Применение нейросетей для прогнозирования пористости в 3D кубах / Приборы и системы разведочной геофизики, ООО "ИнформГеофизСервис", №01(39)/2012, стр.56-57.
- 2) Логинов Д.В., Лаврик С.А. Некоторые методы определения информативного набора сейсмических атрибутов для прогнозирования свойств коллекторов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2010. - Т.5. - №1.
- 3) Shestakov V.V., Stepanov D.Yu, Sysolyatina G.A. Three-dimensional models of geoenvironmental parameters / Advances in Computer Science Research. — 2016. — Vol. 51: Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine (ITSMSSM 2016). — [P. 126-129].
- 4) Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. – М. - Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика», 2009 - 460 с.