

О1 ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС DV-GEO, СТРУКТУРНЫЕ ПОСТРОЕНИЯ С УЧЕТОМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ АНИЗОТРОПИИ ДАННЫХ

И.А. Глобенко, М.В. Перепечкин
ОАО «ЦГЭ», Москва

Аннотация. В докладе дается краткий обзор отечественного программного комплекса DV-Geo, подробно рассматриваются существующие в названном комплексе подходы к структурному моделированию резервуаров залежей углеводородов и реализующие их алгоритмы. Излагается новый метод учета пространственной анизотропии данных в алгоритмах структурного моделирования.

SOFTWARE DV-GEO, STRUCTURAL MODELING WITH SPATIAL ANISOTROPY DATA

I.A. Globenko, M.V. Perepechkin
CGE JSC, Moscow

Abstract. The report provides an overview of DV-Geo software. The existing approaches to complex structural modeling of hydrocarbon reservoir are discussed. A new algorithm of structural modeling, accounting for spatial anisotropy of data, is presented.

Программный комплекс DV-Geo - система для создания и поддержки цифровых трехмерных структурно-параметрических моделей залежей нефти и газа на основе комплексной интерпретации геологии, геофизики и петрофизики. Основные решаемые задачи – сбор, анализ, интерпретация исходных данных, создание геологической модели, подсчет запасов, подготовка отчетной документации. DV-Geo предоставляет удобный графический интерфейс сопровождения проекта на основе интегрированной базы данных, обеспечивающий легкий доступ к информации и режимам интерпретации через интерактивный Список объектов.

DV-Geo позволяет решать следующие задачи [1]:

- Анализ и контроль загруженных данных;
- Ручная и автоматическая корреляция скважин;
- Интерпретация и увязка керна;
- Интерпретация ГИС;
- Обоснование флюидных контактов;
- Статистическое исследование данных;
- Построение структурного каркаса и 2D моделирование;
- Трехмерное литологическое и петрофизическое моделирование;

- Анализ и картирование трехмерных объектов;
- Подсчет запасов;
- Подготовка отчетной документации;
- Ремасштабирование трехмерной геологической модели для передачи в пакеты гидродинамического моделирования;

Для построения трехмерной геологической модели в DV-Geo реализован широкий набор алгоритмов двухмерного и трехмерного моделирования. При структурном моделировании используются следующие алгоритмы:

- Весовая интерполяция;
- Сплайновая интерполяция;
- 2D Кригинг;
- 2D последовательная стохастическая симуляция.

При построении структурных поверхностей одним из источников уточнения построенной карты служит информация о пространственной анизотропии. Пространственная анизотропия, как правило, определяется исходя из истории формирования и геологического строения месторождения. Параметры пространственной анизотропии оцененные экспертным путем задаются в метод интерполяции. Параметры задаются глобально для всего месторождения, их получение не может быть четко формализовано, хотя при геостатистическом моделировании вариограммный анализ дает некоторые формальные признаки определения анизотропии. Возможны случаи, когда у нас нет информации об анизотропии или она меняется в пределах моделируемой области. Для таких случаев предложено [2] применять автоматизированную оценку пространственной анизотропии методом ядерных функций. Метод ядерных функций кроме формального способа оценки пространственной анизотропии, который можно встроить непосредственно в алгоритм картопостроения, позволяет оценить анизотропию не по всей области – а локально, для каждой точки моделируемого объекта.

Рассмотрим математический аппарат, используемый при построении двумерных объектов с автоматическим определением анизотропии в программном комплексе DV-Geo:

Пусть $(x_\alpha, y_\alpha, z_\alpha), \alpha = 1, \dots, n$ - результаты измерения некоторого 2-мерного поля $z(x, y)$ в точках (x_α, y_α) нерегулярной сети измерений, например скважинные данные по моделируемому параметру. Пусть (x_c, y_c) - координаты точки, в которой мы хотим оценить значение $\hat{z}(x_c, y_c)$ поля.

1. Поместим координаты точек (x_c, y_c) в узлы регулярной сетки, найдя значение в каждой точке, мы сможем построить карту.
2. Выбираем множество $v_m(x_c, y_c)$ ближайших точек (x_a, y_a) к исследуемой точке (x_c, y_c) , где m – число ближайших точек. При оценке глобальной анизотропии за m возьмем все точки данных.
3. Ядерная оценка значения в точке (x_c, y_c) задается формулой [3]:

$$\hat{Z}(x_c, y_c | \vartheta) = \frac{\sum_{\alpha \in v_m(x_c, y_c)} Z_\alpha \cdot \Phi(x_\alpha - x_c, y_\alpha - y_c | \vartheta)}{\sum_{\alpha \in v_m(x_c, y_c)} \Phi(x_\alpha - x_c, y_\alpha - y_c | \vartheta)}$$

В качестве ядра осреднения возьмем анизотропную Гауссовскую функцию:

$$\begin{aligned} \Phi(x, y | \vartheta) &= \frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2} \cdot \exp(-Q(x, y | \vartheta) / 2), \quad Q(x, y | \vartheta) = \\ &= x^2 \left(\frac{\sin^2 \varphi}{\sigma_2^2} + \frac{\cos^2 \varphi}{\sigma_1^2} \right) + y^2 \left(\frac{\sin^2 \varphi}{\sigma_1^2} + \frac{\cos^2 \varphi}{\sigma_2^2} \right) + 2xy \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi \cdot \left(\frac{1}{\sigma_1^2} - \frac{1}{\sigma_2^2} \right) \\ \vartheta &= (\sigma_1, \sigma_2, \varphi); \quad 0 < \sigma_2 \leq \sigma_1; \quad 0 \leq \varphi \leq \pi \end{aligned}$$

Здесь (σ_1, σ_2) , $0 < \sigma_2 \leq \sigma_1$ – длины полуосей 2-мерного эллипса рассеяния. Параметр $0 \leq \varphi \leq \pi$ есть угол между направлением главной оси эллипса рассеяния и осью X.

4. Рассмотрим ядерную оценку для точки (x_p, y_p) , принадлежащей множеству $v_m(x_c, y_c)$, используя информацию из других точек наблюдения, принадлежащих тому же множеству:

$$\hat{Z}_{(x_c, y_c)}^{(m)}(x_p, y_p | \vartheta) = \frac{\sum_{\alpha \in v_m(x_c, y_c) \setminus \{\beta\}} Z_\alpha \cdot \Phi(x_\alpha - x_p, y_\alpha - y_p | \vartheta)}{\sum_{\alpha \in v_m(x_c, y_c) \setminus \{\beta\}} \Phi(x_\alpha - x_p, y_\alpha - y_p | \vartheta)}$$

5. Применив полученную оценку ко всем точкам множества $v_m(x_c, y_c)$ мы можем вычислить функцию рассогласования для вектора ϑ и оценить его компоненты из решения задачи на минимум:

$$\sum_{\beta \in v_m(x_c, y_c)} |\hat{Z}_{(x_c, y_c)}^{(m)}(x_\beta, y_\beta | \vartheta) - Z_\beta|^2 \rightarrow \min_{\vartheta}$$

После решения задачи минимизации получим угол φ и отношение минимального радиуса к максимальному $\frac{\sigma_2}{\sigma_1}$, которые можно использовать при интерполяции, как самим методом ядерных функций, так и кригингом или методами, основанными на обратных расстояниях.

Метод ядерных функция позволяет получить параметры анизотропии, которые могут быть эффективно использованы другими методами интерполяции. Метод позволяет оценить направление общей анизотропии данных при использовании геостатистических методов интерполяции и выделить направление и величину локальной

изменчивости для прочих методов. Метод используется при картопостроении в программном комплексе DV-Geo[3].

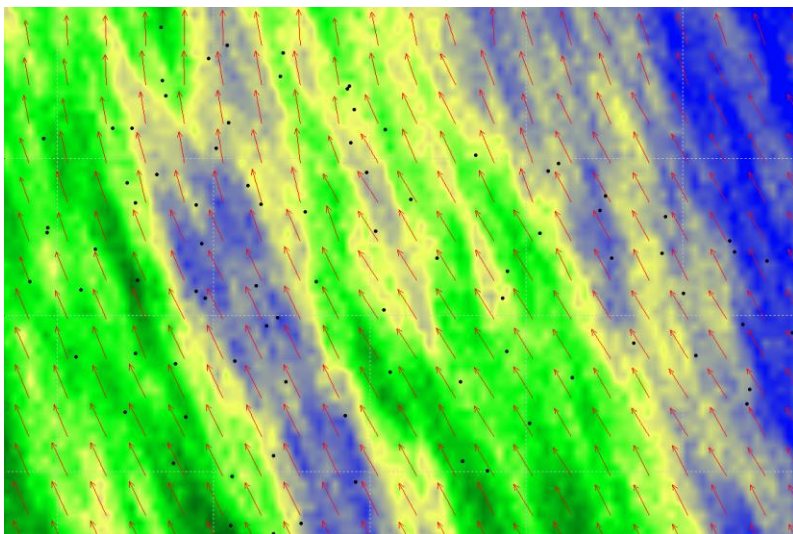


Рисунок 1. Пример определения направления локальной анизотропии

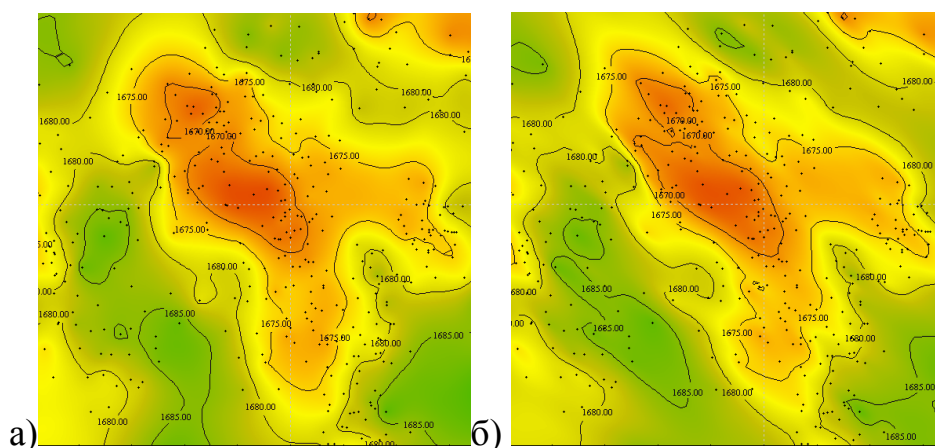


Рисунок 2. Построение кровли нефтеносного горизонта методом кригинга без учета анизотропии (а) и с учетом анизотропии (б)

Литература.

1. С.И. Билибин, М.В. Перепечкин, Е.В. Ковалевский, Моделирование залежей углеводородов для подсчета запасов в программном комплексе DV-Geo. Экспозиция Нефть Газ, июнь 2010, с. 36.
2. Любушин А.А. (2011) Анизотропная ядерная оценка 2-мерных случайных полей // http://alexeylyubushin.narod.ru/Anisotropic_2D_Kernels.pdf
3. Хардле В. Прикладная непараметрическая регрессия. М.:Мир, 1993. 349 с.
4. М.В. Перепечкин, И.А. Глобенко, Применение метода ядерных функций для оценки пространственной анизотропии 2-мерных данных и решения задач картопостроения в программном комплексе DV-Geo. Экспозиция Нефть Газ, апрель 2013, с. 39-42.