

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОСРЕДСТВОМ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ

Райле К.Н.

Научный руководитель доцент Матвеев И.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Анализ и визуализация неопределённости являются важными проблемами, так как параметры, описывающие геологическую модель, такие как пористость и проницаемость, никогда не могут быть точно определены на всей площади исследуемого участка. На текущий момент не существует единого подхода количественной оценки неопределенностей геологических моделей. В данной работе предлагается использование информационной энтропии в качестве инструмента сравнения и оценки результатов геологического моделирования. Информационная энтропия позволяет произвести количественную оценку неопределенностей геологических моделей и визуализировать распределение неопределенностей в пространстве.

Изначально информационная энтропия была разработана для применения в области кодирования и коммуникаций как мера количественной оценки неопределенностей.

Применение информационной энтропии, как метода оценки неопределенностей в пространстве, должно отвечать нескольким важным аспектам [2]:

- Если в конкретной точке пространства отсутствует неопределенность, то измеренное значение энтропии равняется нулю;
- Если неопределенность существует, то измеренное значение энтропии больше нуля;
- Измеренное значение информационной энтропии максимально в данной точке пространства, если существует несколько исходов события и вероятность каждого из исходов одинакова;
- Если рассматривается дополнительный исход, неопределенность не может быть ниже, чем без этого исхода.

Информационная энтропия случайного события определяется распределением вероятностей потенциальных исходов. Рассмотрим случайное событие X с количеством возможных исходов n . Тогда исходы будут обозначаться $x_1 \dots x_n$. Тогда вероятность каждого исхода $x_i \in n$ будет равна p_i , и информационная энтропия случайного события X будет равняться:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

Если информационная энтропия вычисляется с помощью логарифма с основанием два, как показано в уравнении 1, тогда H измеряется в битах. В дальнейшей работе будет использован логарифм по основанию два, однако, применив определенные преобразования, можно вычислять энтропию, используя логарифм с любым другим основанием.

Необходимо выделить важный аспект информационной энтропии: в случае, если все возможные исходы события равновероятны, энтропия достигает своего максимального значения. Согласно этому утверждению, в случае n возможных исходов, максимальное значение энтропии будет достигнуто при условии:

$$p_i = \frac{1}{n} \quad (2)$$

и оно будет равно:

$$H \max(X) = -\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \log_2 \frac{1}{n} = \log_2 n \quad (3)$$

Теперь рассмотрим информационную энтропию в контексте распределения свойств в пространстве. В геологическом моделировании мы можем рассматривать информационную энтропию для какого-либо участка модели (например ячейки) как меру неопределенности (исходящей из отсутствия информации) свойств этого участка. Рассмотрим пример, где таким свойством выступит принадлежность ячейки к определенной геологической единице. Сделаем допущение о том, что ячейке может соответствовать лишь одна геологическая единица из их количества M [1].

Для каждой ячейки исследуемого региона информационная энтропия будет рассчитываться по следующей формуле:

$$H(x) = -\sum_{m=1}^M p_m(x) \log p_m(x) \quad (4)$$

где x – пространственное положение ячейки;

M – количество геологических единиц, которые могут быть заданы для конкретной ячейки.

Для визуализации неопределенности ячеек может быть построена карта, где каждой из ячеек задана одна из трех геологических единиц (рис. 1, а). Мы также можем выделить вероятность каждого из возможных исходов в каждой клетке (рис. 1, б). Применив уравнение 4 для каждой клетки, мы можем получить карту информационной энтропии (рис. 2, с).

По полученным данным можно сделать следующие выводы:

- В тех ячейках, где геологическая единица определена наверняка, энтропия равна нулю (ячейка А);
- В тех ячейках, где возможно наличие двух геологических единиц, энтропия максимальна тогда, когда вероятность существования в ячейке одинакова для каждой из единиц (ячейки В и С);
- В тех ячейках, где возможно наличие трех геологических единиц, энтропия выше, чем в тех, где возможно наличие только двух единиц (ячейка D).

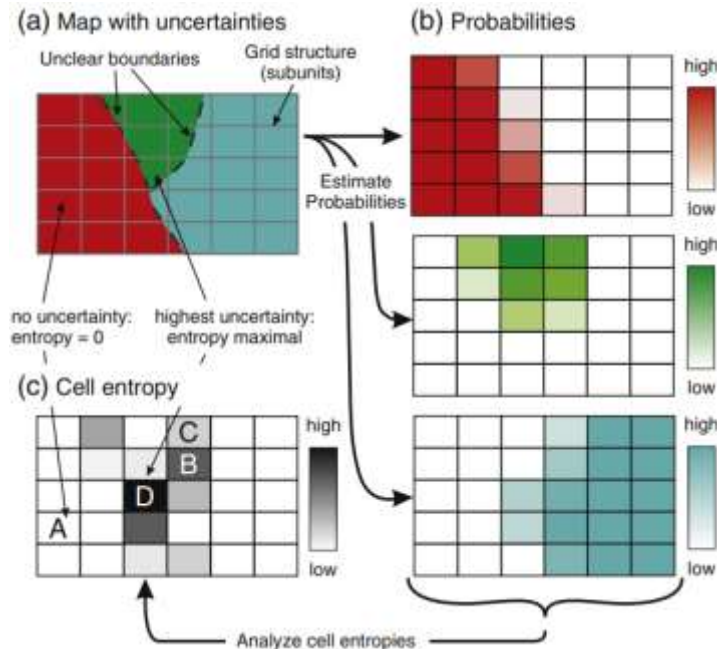


Рис. 1. Применение концепции информационной энтропии для отражения пространственного распределения неопределенностей

На рассмотренном примере можно сделать вывод о том, что информационная энтропия может быть применена для визуализации пространственного распределения неопределенности какого-либо свойства в ячейках (на исследуемом участке) в виде карты.

В дальнейшем планируется применение информационной энтропии для оценки неопределенностей параметров геологических моделей одного из месторождений Томской области и определение ключевых факторов, влияющих на неопределенность с последующим ранжированием территории месторождения по степени изученности.

Литература

1. Wellmann F., Regenauer-Lieb K. Uncertainties Have a Meaning: Information Entropy as a Quality Measure for 3-D Geological Models Tectonophysics // Tectonophysics, 2012. – P. 207 – 2016. DOI: 10.1016/j.tecto.2011.05.001.
2. Wellmann F. Information Theory for Correlation Analysis and Estimation of Uncertainty Reduction in Maps and Models // Entropy, 2013. – P. 1464–1485. DOI: 10.3390/e15041464.

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛАСТА ХМ₂ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ М (ЯНАО)

Ракитина В.А.

Научный руководитель доцент Неволиков Н.М.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Целью исследования являлось изучение литологических особенностей продуктивных отложений пласта ХМ₂ яронгской свиты (нижний мел), вскрытых бурением в интервале глубин 1716,4-1742,6 м на одном из газоконденсатных месторождений на северо-востоке полуострова Ямал.

Газоконденсатное месторождение М расположено в Ямальском районе Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области Российской Федерации.

В тектоническом плане месторождение приурочено к вершинам Среднеямальского мегавала, входящего в состав Тамбейского межгребенного блока. Согласно нефтегазгеологическому районированию, месторождение относится к Ямальской нефтегазоносной области.

Яронгская свита выделена в составе нижнемелового берриас-альбского комплекса отложений, залегает на раннемеловых отложениях таноичинской свиты (аптский ярус) и перекрывается раннемеловыми альбскими