

DOI: <https://doi.org/36023/ujrs.2019.22.156>

УДК 550.8.052:303.447:519.816

Методическая схема ранжирования интервальных экспертных оценок углеводородного потенциала территорий

М. А. Попов¹*, А. В. Зайцев², И. А. Пестова¹¹ ГУ “Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины”, ул. О. Гончара 55-Б, Киев, 01054, Украина² Кафедра информационных технологий Военно-дипломатической академии имени Евгения Березняка, ул. Юрия Ильенко, 81, Киев, 01054, Украина

В статье рассмотрена проблема установления предпочтений интервальных экспертных оценок в ситуациях, когда эксперты придерживаются противоположного мнения. При её решении общая группа экспертных оценок разделяется на подгруппы, одна из которых дает вероятность наличия месторождений, а вторая — вероятность их отсутствия. Предложена методологическая схема ранжирования интервальных экспертных оценок углеводородного потенциала территорий, состоящая из двух этапов. На первом этапе оценки, сформированные двумя подгруппами экспертов, раздельно агрегируются путем решения оптимизационных задач. В результате получают две агрегированные интервальные оценки вероятностей соответствующих гипотез. На втором этапе определяется приоритетная оценка путем сравнения полученных результатов. Для проверки методологии рассчитан численный пример изучения территории на предмет поиска месторождения углеводородов. В примере использованы интервальные оценки гипотез наличия и отсутствия углеводородов пяти экспертов. При агрегировании оценок для расчета устойчивых минимумов использовались различные метрики расстояния между интервальными числами. Результаты проведенных вычислений свидетельствуют о приоритете гипотезы наличия месторождения углеводородов в пределах изучаемой территории. Предложенная методическая схема ранжирования интервальных экспертных оценок может быть использована в программной системе “Компьютерный ассистент геолога”.

Ключевые слова: эксперт, принятие решения, номер интервала, метрика расстояния, агрегация

© М. А. Попов, А. В. Зайцев, И. А. Пестова. 2019

Введение

Нет сомнений, что в обозримом будущем углеводороды сохранят свое предназначение одного из важнейших источников энергии, требуемых цивилизацией (Мстиславская и др., 2005). Поэтому в Украине, как и во многих других странах, на постоянной основе ведутся геолого-разведывательные работы, и первым этапом таких работ является выявление объектов поискового бурения. Этот этап предполагает проведение комплекса геологических, геоморфологических, геофизических, аэрокосмических и других исследований (Лялько и др., 2017; Трофимов и др., 2012). Результаты проведенных комплексных исследований являются основой для принятия решения о наличии / отсутствии углеводородного потенциала в пределах изучаемой территории.

Подобные решения принимаются с учетом мнений высококвалифицированных экспертов-геологов, однако эксперты находятся в весьма сложной ситуации. Сложность обусловлена тем, что эксперт, формируя свое мнение, находится под влиянием двух обстоятельств. Во-первых, он должен учитывать тектонические, структурные, литологические, геохимические, геотермальные и другие критерии, уметь включать в свой анализ результаты обработки материалов аэрокосмической съемки и т. д., т. е. решать многокритериальную задачу.

Во-вторых, эксперт находится под психологическим давлением высокой цены неправильно принятого решения (стоимость бурения одной скважины измеряется многими миллионами гривен).

Понятно, что, находясь в такой ситуации, эксперту даже самой высокой квалификации трудно давать однозначные, “жесткие” оценки (*hard estimates*) изучаемым объектам и процессам. Более адекватными здесь выглядят так называемые “мягкие” оценки (*soft estimates*), одной из разновидностей которых являются интервальные оценки (*interval-valued estimates*).

В последние годы опубликовано достаточно много работ, в которых исследуются различные аспекты обработки интервальных оценок и принятия решений на их основе (Alefeld et al., 2012; Pankratova et al., 2016; Xu, 2013). Однако многие вопросы, связанные с комплексированием интервальных оценок, еще не получили своего надлежащего решения. В частности, недостаточно развит методический аппарат для комплексирования интервальных экспертных оценок, которые конфликтуют или конкурируют между собой (Yuan et al., 2015).

В статье рассматривается проблема ранжирования (установления предпочтений) интервальных экспертных оценок в ситуациях, когда в группе часть экспертов дает положительные заключения относительно изучаемого объекта, а другая часть экспертов группы придерживается противоположного мнения.

* E-mail: mpopov@casre.kiev.ua. ORCID.ORG/0000-0003-1738-8227

Следует отметить, что задача установления предпочтений решается достаточно просто в том случае, когда оценки — не интервальные, а точечные, поскольку в этом случае численные значения вероятностей прямого и противоположного событий строго связаны между собой через формулу полной группы событий (Венцель, 1969). Однако при интервальном подходе диапазоны возможных значений вероятностей прямого и противоположного событий могут пересекаться или вложены один в другой, а это делает невозможным применение традиционных методов теории вероятности.

Для решения проблемы установления предпочтений предлагается методическая схема ранжирования интервальных экспертных оценок углеводородного потенциала территорий.

Формулировка задачи

Пусть необходимо оценить вероятность наличия месторождения углеводородов на некоторой территории. Для решения этой задачи привлечена группа из N экспертов, и все они имеют одинаковую квалификацию и работают независимо один от другого.

Решая эту задачу, каждый эксперт формирует свою индивидуальную мягкую (*soft estimate*) оценку вероятности наличия месторождения в виде интервального числа $A = (\underline{a}, \bar{a})$, где \underline{a} и \bar{a} — два действительных числа, причем $0 \leq \underline{a} \leq \bar{a} \leq 1$. Число \underline{a} определяет нижнюю границу вероятности, а число \bar{a} — ее верхнюю границу.

Предположим, мнения экспертов внутри группы разделились по сути и по форме. Часть экспертов (одна подгруппа) представили результаты своего изучения ситуации в виде соответствующей интервальной оценки вероятности наличия месторождения углеводородов, а оставшаяся часть экспертов (другая подгруппа) представили свои заключения в виде соответствующих интервальных оценок вероятности отсутствия месторождения на изучаемой территории.

Задача состоит в том, чтобы при конкурирующих интервальных оценках экспертов установить, какое из заключений является предпочтительным.

При решении этой задачи потребуются вычислять расстояния между интервальными числами. Пусть имеются два числа: $A = (\underline{a}, \bar{a})$ и $B = (\underline{b}, \bar{b})$. Тогда для вычисления расстояния между этими интервальными числами обычно используют одно из следующих выражений:

$$D_{HC}[A, B] = \max \{ |\underline{a} - \underline{b}|, |\bar{a} - \bar{b}| \} \quad (\text{Hausdorff-Chavent distance (Chavent et al., 2006)}); \quad (1)$$

$$D_E[A, B] = \sqrt{\frac{(\underline{a} - \underline{b})^2 + (\bar{a} - \bar{b})^2}{2}} \quad (\text{Euclidean distance (Alefeld et al., 2012)}); \quad (2)$$

$$D_W[A, B] = \sqrt{\left(\frac{\underline{a} + \underline{b}}{2} - \frac{\bar{a} + \bar{b}}{2}\right)^2 + \frac{1}{3} \left[\left(\frac{\bar{a} - \underline{a}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\bar{b} - \underline{b}}{2}\right)^2 \right]} \quad (\text{Wasserstein distance (Tran et al., 2002)}) \quad (3)$$

Ниже в расчетной части мы воспользуемся каждым из этих выражений.

Установление приоритетов при конкурирующих интервальных экспертных оценках

Пусть N — общее количество экспертов в группе. Предположим, M экспертов из группы представили свои соответствующие положительные заключения о наличии углеводородного месторождения, а остальные Q экспертов ($M + Q = N$) представили свои соответствующие заключения об отсутствии месторождения на изучаемой территории.

Обозначим гипотезу наличия месторождения через h , а противоположную гипотезу (его отсутствие) — через \bar{h} . Будем записывать вероятность заключения экспертов из состава первой подгруппы как

$$P_m(h) = (\underline{a}_m, \bar{a}_m); \quad m = 1, 2, \dots, M, \quad (4)$$

а вероятность заключения экспертов из состава второй подгруппы как

$$P_q(\bar{h}) = (\underline{b}_q, \bar{b}_q); \quad q = 1, 2, \dots, Q. \quad (5)$$

Итак, имеется N различных конкурирующих интервальных оценок и необходимо их проранжировать (установить предпочтения). Схема метода, позволяющего решить эту задачу, представлена на рис. 1.

Метод является двухэтапным. На первом этапе отдельно агрегируются оценки, сформированные экспертами из состава первой и второй подгрупп. В результате получают два интервальных числа $P_{ag}(h) = (\underline{x}_{ag}, \bar{x}_{ag})$ и $P_{ag}(\bar{h}) = (\underline{y}_{ag}, \bar{y}_{ag})$.

Интервалом $(\underline{x}_{ag}, \bar{x}_{ag})$ определяется вероятность наличия месторождения, а интервалом $(\underline{y}_{ag}, \bar{y}_{ag})$ — вероятность его отсутствия.

Запишем расстояние между агрегированной оценкой $P_{ag}(h)$ и интервальной оценкой $P_m(h)$ m -го эксперта первой подгруппы ($m = 1, 2, \dots, M$) как $D[P_{ag}(h), P_m(h)]$, а расстояние между агрегированной оценкой $P_{ag}(\bar{h})$ и интервальной оценкой $P_q(\bar{h})$ q -го эксперта второй подгруппы ($q = 1, 2, \dots, Q$) как $D[P_{ag}(\bar{h}), P_q(\bar{h})]$. Тогда агрегированные оценки экспертов первой и второй подгрупп можно найти путем решения следующих двух идентичных оптимизационных задач.

Задача 1. Найти минимум функционала

$$f_1(h) = \sum_{m=1}^M D(P_{ag}(h), P_m(h)) \quad (6)$$

$$\text{когда: } 0 \leq \underline{x}_{ag} \leq \bar{x}_{ag} \leq 1 \quad (7)$$

Задача 2. Найти минимум функционала

$$f_2(\bar{h}) = \sum_{q=1}^Q D(P_{ag}(\bar{h}), P_q(\bar{h})) \quad (8)$$

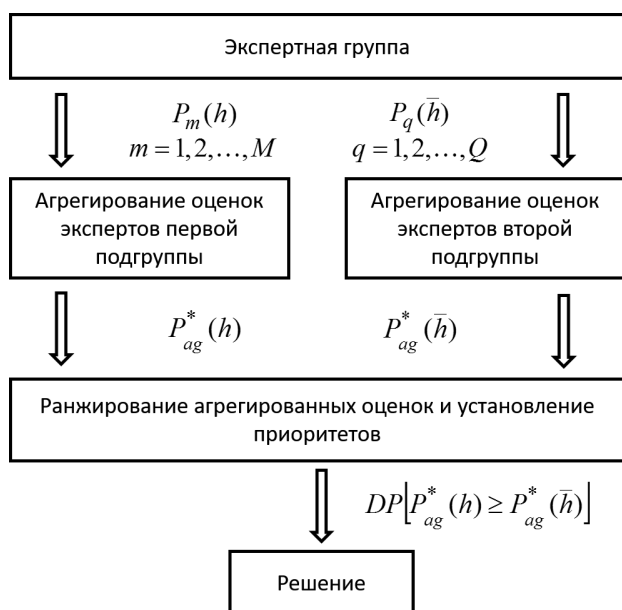


Рис. 1. Методическая схема установления приоритетов при конкурирующих интервальных оценках экспертов

когда: $0 \leq \underline{y}_{ag} \leq \bar{y}_{ag} \leq 1$ (9)

Для решения указанной задачи существует достаточно много простых и эффективных вычислительных методов (см., например, (Cavazzuti et al., 2013)). Таким образом, на первом этапе получают агрегированные интервальные оценки вероятностей соответствующих гипотез:

$$P_{ag}^*(h) = (\underline{x}_{ag}^*, \bar{x}_{ag}^*) \text{ и } P_{ag}^*(\bar{h}) = (\underline{y}_{ag}^*, \bar{y}_{ag}^*).$$

На втором этапе полученные результаты сравниваются и определяется приоритетная оценка (Degree of Preference — DP).

Для определения приоритета можно воспользоваться подходом, предложенным Z. Xu в (Xu et al., 2002). Если имеются два интервальных числа: $A = (a, \bar{a})$ и $B = (b, \bar{b})$, то вероятность того, что наибольшим среди них является число A , может быть вычислена с помощью формулы:

$$possib(A \geq B) = \max \left\{ 1 - \max \left(\frac{\bar{b} - a}{l_a + l_b}, 0 \right), 0 \right\}, \quad (10)$$

где использованы обозначения: $l_a = \bar{a} - a$; $l_b = \bar{b} - b$.

Формула (10) без изменений может быть использована при сравнении двух любых интервальных чисел на приоритет.

Таблица 1.

Оценки вероятностей гипотез, представленные экспертами

Эксперт		Оценка $P_m(h)$	Оценка $P_q(\bar{h})$
Підгрупа 1	E1	(0.45, 0.75)	-
	E2	(0.40, 0.50)	-
	E3	(0.70, 0.85)	-
Підгрупа 2	E4	-	(0.60, 0.85)
	E5	-	(0.45, 0.70)

Численный пример

Рассмотрим ситуацию, когда к изучению некоторой территории на предмет поиска месторождения углеводородов была привлечена группа в составе пяти экспертов ($N = 5$). После изучения имеющихся данных три эксперта из группы (обозначим их как E1, E2 и E3) представили независимые заключения о возможности наличия месторождения (гипотеза h), а два других эксперта (E4 и E5) из группы независимо пришли к заключению об отсутствии месторождения углеводородов на территории (гипотеза \bar{h}). Оценки вероятностей указанных гипотез, представленные экспертами каждой из подгрупп, приведены в табл. 1.

Задача состоит в том, чтобы на множестве этих гипотез получить приоритетную оценку. Для решения задачи сначала необходимо отдельно выполнить агрегирование оценок, представленных экспертами первой и второй подгрупп.

Для агрегирования оценок экспертов E1, E2 и E3 сформируем функционал

$$f_1(h) = \sum_{m=1}^3 D[P_{ag}(h), P_m(h)] = D[(\underline{x}_{ag}, \bar{x}_{ag}), (0.45, 0.75)] + D[(\underline{x}_{ag}, \bar{x}_{ag}), (0.40, 0.50)] + D[(\underline{x}_{ag}, \bar{x}_{ag}), (0.70, 0.85)].$$

Для агрегирования оценок экспертов E4 и E5 нам потребуется функционал

$$f_2(\bar{h}) = \sum_{q=1}^2 D[P_{ag}(\bar{h}), P_q(\bar{h})] = D[(\underline{y}_{ag}, \bar{y}_{ag}), (0.60, 0.85)] + D[(\underline{y}_{ag}, \bar{y}_{ag}), (0.45, 0.70)].$$

Предварительный анализ показывает, что функционалы $f_1(h)$ и $f_2(\bar{h})$ имеют устойчивые минимумы, конкретные значения которых зависят от принятого способа расчета расстояния между интервальными числами. Так, на рис. 2 показано поведение функционала $f_1(h)$ в плоскости величин \underline{x}_{ag} и \bar{x}_{ag} при метриках расстояния, определяемых выражениями (1) – (3.)

Для нахождения минимальных значений функционалов $f_1(h)$ и $f_2(\bar{h})$ с учетом условий (7) и (8) воспользуемся градиентным алгоритмом KNITRO поиска минимума функции, реализованным в программной среде MathCad. Результаты проведенных расчетов представлены в табл. 2.

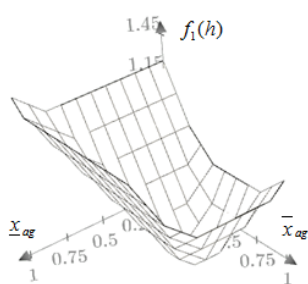
Остается сравнить между собой полученные агрегированные оценки вероятностей $P_{ag}^*(h)$ и $P_{ag}^*(\bar{h})$ и определить приоритеты. Подставляя величины этих оценок из табл. 2 в выражение (10), получаем следующие результаты.

При использовании Hausdorff-Chavent distance имеем:

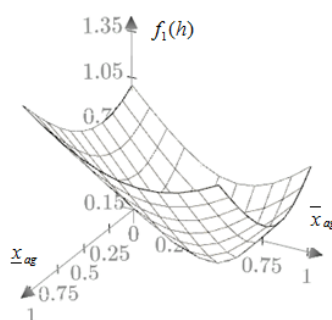
Таблиця 2.

Агрегированные оценки вероятностей гипотез

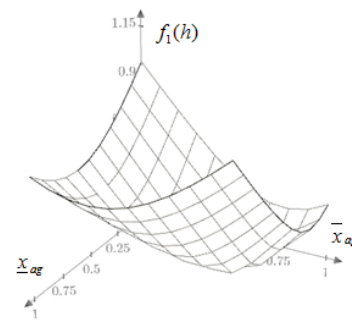
Метрика	Агрегированные интервальные оценки вероятностей	
	$P_{ag}^*(h) = (\underline{x}_{ag}^*, \bar{x}_{ag}^*)$	$P_{ag}^*(\bar{h}) = (\underline{y}_{ag}^*, \bar{y}_{ag}^*)$
Hausdorff-Chavent distance	(0.600. 0.850)	(0.525. 0.775)
Euclidean distance	(0.450. 0.750)	(0.525. 0.775)
Wasserstein distance	(0.450. 0.750)	(0.525. 0.775)



a) Hausdorff-Chavent distance



b) Euclidean distance



c) Wasserstein distance

Рис. 2. Функционал при различных метриках расстояния между интервальными числами

$$DP\left[P_{ag}^*(h) \geq P_{ag}^*(\bar{h})\right] = \max\left\{1 - \max\left(\frac{\bar{b} - \underline{a}}{l_a + l_b}, 0\right), 0\right\} =$$

$$= \max\left\{1 - \max\left(\frac{0.775 - 0.600}{0.250 + 0.250}, 0\right), 0\right\} = 0.65.$$

При использовании Euclidean distance и Wasserstein distance имеем:

$$DP\left[P_{ag}^*(h) \geq P_{ag}^*(\bar{h})\right] = \max\left\{1 - \max\left(\frac{\bar{b} - \underline{a}}{l_a + l_b}, 0\right), 0\right\} =$$

$$= \max\left\{1 - \max\left(\frac{0.775 - 0.450}{0.300 + 0.250}, 0\right), 0\right\} = 0.59.$$

Таким образом, результаты вычислений свидетельствуют о приоритете гипотезы h , которая говорит о возможности наличия месторождения углеводородов в пределах изучаемой территории.

Заключение

В статье предложена методическая схема ранжирования интервальных экспертных оценок углеводородного потенциала территорий. Метод основывается на раздельном агрегировании оценок противоположных гипотез, которое выполняется путем решения оптимизационной задачи. Метод легко обобщается на случай любого конечного числа конкурирующих интервальных оценок.

Предложенная методическая схема ранжирования интервальных экспертных оценок углеводородного потенциала территорий предназначена для использования в программной системе «Компьютерный ассистент геолога» (Попов и др., 2018).

Литература

- Венцель Е. С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 576 с.
- Мстиславская Л. П., Филиппов В. П. Геология, поиски и разведка нефти и газа. М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2005. 199 с.
- О возможности дистанционного поиска залежей углеводородов с использованием компьютерного ассистента геолога / Попов М. А., Станкевич С. А., Архипов А. И., Титаренко О. В. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2018. № 16. С. 34–40. URL: <https://www.ujrs.org.ua/ujrs/article/view/119-source=ujrs/article/view/119>.
- Сучасні методи дистанційного пошуку корисних копалин / за ред. В. І. Лялька і М. О. Попова. К: НАН України-ЦАКДЗ, 2017. 221 с. CD.
- Трофимов Д. М., Евдокименков В. Н., Шуваева М. К. Современные методы и алгоритмы обработки космической, геолого-геофизической и геохимической информации для прогноза углеводородного потенциала неизученных участков недр. М.: Физматлит, 2012. 320 с.
- Alefeld G., Herzberger J. Introduction to Interval Computations. NY: Academic Press, 2012. 352 p. DOI: 10.1016/C2009-0-21898-8.
- Cavazzuti M. Optimization Methods: From Theory to Design. Berlin: Springer, 2013. 262 p. DOI: 10.1007/978-3-642-31187-1.
- Chavent M., De Carvalho F.A.T., Lechevallier Y., Verde R. New clustering methods for interval data. *Computational statistics*. 2006. Vol. 21, № 2. pp. 211–229. DOI: 10.1007/s00180-006-0260-0.
- Pankratova N.D., Nedashkovskaya N.I. Estimation of Decision Alternatives on the Basis of Interval Pairwise Comparison Matrices. *Intelligent Control and Automation*. 2016. Vol. 7, № 2. pp. 39–54. DOI: 10.4236/ica.2016.72005.
- Tran L., Duckstein L. Comparison of fuzzy numbers using a fuzzy distance measure. *Fuzzy Sets and Systems*. 2002. Vol. 130, № 3. pp. 331–341. DOI: 10.1016/S0165-0114(01)00195-6.
- Xu Z. Group decision-making model and approach based on interval preference orderings. *Computers & Industrial Engineering*. 2013. Vol. 64, № 3. pp. 797–803. DOI: 10.1016/j.cie.2012.12.013.
- Xu Z.S., Da Q.L. The Uncertain OWA Operator. *International Journal of Intelligent Systems*. 2002. Vol. 17, № 3. pp. 569–575. DOI: 10.1002/int.10038.

Yuan H., Qu Y. Model for Conflict Resolution with Preference Represented as Interval Numbers. MATEC Web of Conferences. Publ. by EDP Sciences. 2015. Vol. 22. 3 p. DOI: 10.1051/mateconf/20152201030.

References

Wentsel, E. S. (1969). Probability Theory. M.: Nauka. (in Russian).
 Mstislavskaya, L. P., Filippov, V. P. (2005). Geology, oil and gas prospecting and exploration. M.: ZentrLitNefteGaz. (in Russian).
 Popov, M. A., Stankevich, S. A., Arkhipov, A. I., Titarenko, O. V. (2018). About possibility of hydrocarbon deposit remote detection using computer assistance. *Ukrainskyj zhurnal dystancijnogho zonduvannja Zemli*, 16, 34–40. Retrieved from <https://www.ujrs.org.ua/>. (in Russian).
 Modern methods of remote mining of minerals. (2017) / ed. Ljalko, V. I. and Popov, M. O. K.: NAN Ukrainy-CAKDZ, 221 p. CD.
 Trofimov, D. M., Yevdokimenkov, V. N., Shuvaeva, M. K. (2012). Modern methods and algorithms for processing space, geological, geophysical and geochemical information to predict the hydrocarbon potential of unexplored subsoil sections. M.: Fizmatlit.

Alefeld, G., Herzberger, J. (2012). Introduction to Interval Computations. NY: Academic Press. 352 p. DOI: 10.1016/C2009-0-21898-8.
 Cavazzuti, M. (2013). Optimization Methods: From Theory to Design. Berlin: Springer, 262 p. DOI: 10.1007/978-3-642-31187-1.
 Chavent, M., De Carvalho, F. A. T., Lechevallier, Y., Verde, R. (2006). New clustering methods for interval data. *Computational statistics*, 21, (2), 211–229. DOI: 10.1007/s00180-006-0260-0.
 Pankratova, N. D., Nedashkovskaya, N. I. (2016). Estimation of Decision Alternatives on the Basis of Interval Pairwise Comparison Matrices. *Intelligent Control and Automation*, 7, (2), 39–54. DOI: 10.4236/ica.2016.72005.
 Tran, L., Duckstein, L. (2002). Comparison of fuzzy numbers using a fuzzy distance measure. *Fuzzy Sets and Systems*, 130, (3), 331–341. DOI: 10.1016/S0165-0114(01)00195-6.
 Xu, Z. (2013). Group decision-making model and approach based on interval preference orderings. *Computers & Industrial Engineering*, 64, (3), 797–803. DOI: 10.1016/j.cie.2012.12.013.
 Xu, Z. S., Da, Q. L. (2002). The Uncertain OWA Operator. *International Journal of Intelligent Systems*, 17, (3), 569–575. DOI: 10.1002/int.10038.
 Yuan, H., Qu, Y. (2015). Model for Conflict Resolution with Preference Represented as Interval Numbers. MATEC Web of Conferences. Publ. by EDP Sciences, 22, (3). DOI: 10.1051/mateconf/20152201030.

МЕТОДИЧНА СХЕМА РАНЖИРУВАННЯ ІНТЕРВАЛЬНИХ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК ВУГЛЕВОДНЕВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТЕРИТОРІЙ

М. О. Попов, О. В. Зайцев, І. О. Пестова

У статті розглянута проблема встановлення переваг інтервальних експертних оцінок в ситуаціях, коли експерти дотримуються протилежної думки. При її вирішенні загальна група експертних оцінок поділяється на підгрупи, одна з яких дає ймовірність наявності родовища, а друга — ймовірність їх відсутності. Запропоновано методологічну схему ранжирування інтервальних експертних оцінок вуглеводневого потенціалу територій, що складається з двох етапів. На першому етапі оцінки, сформовані двома підгрупами експертів, окремо агрегуються шляхом вирішення оптимізаційних задач. В результаті отримують дві агреговані інтервальні оцінки ймовірностей відповідних гіпотез. На другому етапі визначається пріоритетна оцінка шляхом порівняння отриманих результатів. Для перевірки методології розрахований чисельний приклад вивчення території на предмет пошуку родовища вуглеводнів. У прикладі використані інтервальні оцінки гіпотез наявності і відсутності вуглеводнів п'яти експертів. При агрегуванні оцінок для розрахунку стійких мінімумів використовувалися різні метрики відстані між інтервальними числами. Результати проведених обчислень свідчать про пріоритет гіпотези наявності родовища вуглеводнів в межах досліджуваної території. Запропонована методична схема ранжирування інтервальних експертних оцінок може бути використана в програмній системі “Комп’ютерний асистент геолога”.

Ключові слова: експертна інтервальна оцінка, прийняття рішення, метрична відстань, агрегація, нафтогазоперспективність

METHODOLOGICAL SCHEME FOR RANKING INTERVAL EXPERT ESTIMATES OF THE TERRITORIES HYDROCARBON POTENTIAL

M. O. Popov, O. V. Zaitsev, I. O. Piestova

The problem of priorities establishing for expert interval-valued estimations when experts hold the opposite opinion is considered. The whole group of expert estimates is subdivided into subgroups, first of which provides the probability of the deposit presence, and the second one provides the probability of deposit missing. A ranking methodology for interval expert estimates of the territories' hydrocarbon potential, consisting of two stages, is proposed. At the first stage, an estimates formed by two subgroups of experts are separately aggregated by optimization. Two aggregated interval estimates of the corresponding hypotheses probabilities are obtained as a result. In the second stage, a priority estimate is determined by comparing the results. A numerical example of the test territory evaluating for a hydrocarbon deposit presence was calculated. Interval-valued estimates by five experts were used in this example for the hypotheses of hydrocarbons presence/missing. Various metrics of the distance between interval values were used to calculate persistent minima of aggregating estimates. The results of the calculations indicate the hypothesis' priority of a hydrocarbon deposit presence within the study area. The proposed methodology for ranking interval-valued expert estimates can be used in the Geologist's Computer Assistant software system.

Keywords: expert interval-valued estimation, decision-making, distance metric, aggregation, prospects of oil and gas

Стаття надійшла до редакції 29.09.2019