

Методика определения сходства нефтесодержащих пластов в задаче выделения эксплуатационных объектов The method of the determination of reservoir's similarity

Е.М. Пономаренко, Н.А. Еремин (ИПНГ РАН)
E.M. Ponomarenko, N.A. Eremin (OGRI RAS)

The offered method permits to define the similarity by the fuzzy sets theory. It consists of four stages: the linguistic description of attributes influencing on the choice of exploitation plays; the construction of belonging functions for the considered parameters on the statistical data; the formation of the rule's structure of the determination of reservoir's similarity and the combination them in exploitation plays for various term-sets; the definition of layer's similarity on the section and on the oil field area.

Выбор эксплуатационных объектов (ЭО) на многопластовых нефтяных месторождениях является важной составной частью создания системы разработки залежей нефти и газа. Правильный выбор рационального варианта объединения пластов в ЭО — сложная задача, поскольку каждый пласт обладает присущими только ему характерными особенностями. Поэтому трудно провести обобщение даже между месторождениями одного региона и применить опыт по аналогии. Выделение эксплуатационных объектов (ВЭО) остается задачей актуальной и требующей в каждом конкретном случае индивидуального рассмотрения.

В данной статье предлагается определить сходство пластов для возможного объединения их в ЭО на основе теории нечетких множеств (ТНМ). Предлагаемая методика состоит из четырех этапов, более подробно первые два этапа описаны в работе [2]. Рассмотрим последовательно все этапы.

Первый этап. Лингвистическое описание признаков, влияющих на выбор эксплуатационных объектов.

Этап состоит из создания терм-множества лингвистических переменных $\langle \eta, T(\eta), U, G, M \rangle$ для рассматриваемой проблемы [3, 5] (η — название лингвистической переменной; $T(\eta)$ — терм-множество лингвистической переменной η , т.е. множество названий лингвистических значений переменной η ; G — синтаксическое правило в форме грамматики, которое

обуславливает название $\tau \in T(\eta)$ вербальных значений для η ; M — семантическое правило, ставящее в соответствие каждой нечеткой переменной $\tau \in T(\eta)$ нечеткое множество $R(\tau)$).

Основная проблема состоит в том, чтобы терм-множество было достаточно представительным, т.е. не слишком малым ($m \leq 2$) и не слишком большим ($m > 6$) [3].

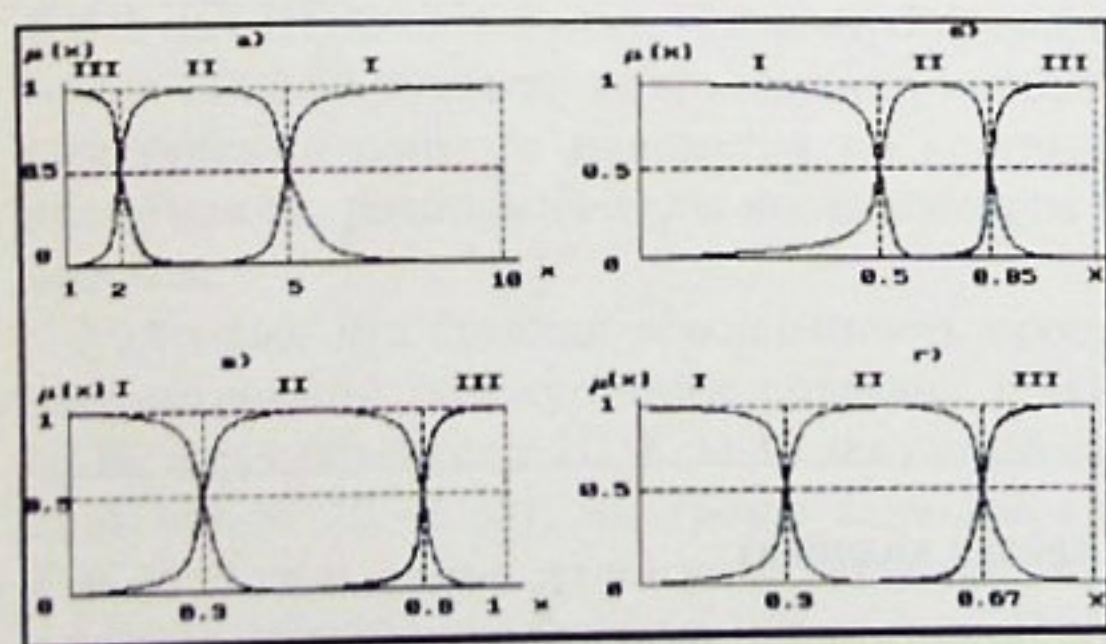
В статье для сравнения пластов по комплексу признаков нами вводятся три терм-множества: «очень близкое», «близкое», «далекое». Каждой составляющей лингвистической переменной ставится в соответствие количественный интервал изменения признака на основе обработки экспертной и статистической информации [7]. Чтобы определить сходство или различие пластов определяются отношения значений признаков (пористостей, проницаемостей, эффективных нефтенасыщенных толщин, вязкостей, коэффициентов нефтенасыщенностей), которые называются «соотношения», «кратность» и «разница». В табл. 1 приведен список признаков, которые необходимо учитывать при сравнении пластов для выделения их в ЭО и можно описывать с помощью лингвистических переменных [2].

Второй этап. Построение S-образных функций принадлежности рассматриваемых критериев по данным статистического анализа.

На втором этапе строятся S-образные функции принадлежности рассмотренных количественных критериев по каждому терм-множеству. Для определения принадлежности какого-либо «соотношения признаков» («кратности», «разницы») нечеткому множеству «очень близко», «близкое» или «далекое» использовались данные статистического анализа по существующим эксплуатационным объектам на 200 месторождениях России [7]. Пример функций принадлежности приведен на рисунке.

Третий этап. Формирование структуры правил определения сходства пластов и выделения их в эксплуатационные объекты для различных терм-множеств.

Вид представления знаний зависит как от сложности нефтяной залежи, так и от знаний специалистов в области геологии, геофизики, разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. Знания, полученные



Вид функции принадлежности лингвистических переменных:
а — кратности проницаемостей; б — соотношения пористостей;
в — соотношения коэффициентов нефтенасыщенностей; г — соотношения эффективных нефтенасыщенных толщин терм-множествам: I, II, III — соответственно «далекое», «близкое», «очень близкое»

Таблица 1

Глобальная группа факторов	Локальный фактор	Количественный критерий, представленный в виде лингвистической переменной	Символьный вид лингвистической переменной
Геолого-физическая	Проницаемость Пористость Нефтенасыщенность Толщина Расчлененность Глубина залегания Песчанистость Угол падения пласта Водоплавающая зона Вязкость нефти Содержание солей кальция и магния	Кратность проницаемостей Соотношение пористостей Соотношение нефтенасыщенностей Соотношение нефтенасыщенных толщин Соотношение расчлененностей пластов Разница глубин залегания Соотношение песчанистостей пластов Соотношение углов падения пластов Соотношение водоплавающих зон Кратность вязкостей нефти Соотношение содержаний кальция и магния	{«очень близкая», «близкая», «далекая»} {«далекое», «близкое», «очень близкое»} {«далекое», «близкое», «очень близкое»} {«далекое», «близкое», «очень близкое»} {«далекое», «близкое», «очень близкое»} {«далекое», «близкое», «очень близкое»} {«очень близкая», «близкая», «далекая»} {«далекое», «близкое», «очень близкое»} {«далекое», «близкое», «очень близкое»} {«далекое», «близкое», «очень близкое»} {«далекое», «близкое», «очень близкое»} {«очень близкая», «близкая», «далекая»} {«далекое», «близкое», «очень близкое»}

от экспертов, делятся на фактические знания и правила [3]. Под фактическим знанием понимается знание типа «абсолютная проницаемость — это способность горной породы пропускать через себя флюиды при наличии перепада давления» [8]. Правила — это знания вида: «Если..., то...». Верно построенная логи-

Таблица 2

Номер правила	Правило
1.1	Если (Э) кратность проницаемостей меньше 2, соотношение пористостей больше 0.85, соотношение коэффициентов нефтенасыщенностей больше 0.8, соотношение эффективных нефтенасыщенных толщин больше 0.67, соотношение коэффициентов расчлененности больше 0.87, разница глубин залегания меньше 100 м, соотношение коэффициентов песчанистости больше 0.9, соотношение углов падения больше 0.7, кратность вязкостей меньше 5, соотношение содержания сероводорода больше 0.67, соотношение площадей залежей больше 0.51, соотношение пластовых давлений больше 0.9, то (✓) терригенные пласты будут «очень близкими» и (✓) ЭО будет «очень хороший».
1.2	Если по (Э) геолого-физическим факторам пласты «очень близки», то (✓) выделенный ЭО — «очень хороший» относительно геолого-физических факторов.
1.3	Если по (Э) геолого-физическим факторам между пластами достигнуто наибольшее сходство, по (Э) технологическим факторам между пластами достигнуто наибольшее сходство, по (Э) техническим факторам между пластами достигнуто наибольшее сходство, по (Э) экономическим факторам между пластами достигнуто наибольшее сходство, то (✓) выделенный объект — «очень хороший».

ческая формула состоит из кванторов существования (Э) и общности (✓). Логика сравнения пластов — это интеллектуальная модель, основанная именно на правилах (продукции) вывода результатов. Система продукций является моделью представления знаний по правилам, которые служат логическим способом сравнения пластов при объединении их в эксплуатационные объекты [3]. Сравнение пластов и выбор эксплуатационных объектов рассматриваются как многокритериальные процессы принятия решений. Поскольку факторы, влияющие на выбор ЭО, представляют собой структуру, правила формируются согласно этой структуре и носят более общий характер. В табл. 2 приведена структура правил сравнения пластов и выбора ЭО для терм-множества «очень близкое». Аналогично правилу 1.2 можно привести правила отдельно по технологическим, техническим, экономическим, экологическим факторам. По аналогии формируются правила для терм-множеств «близкое» и «далекое».

Сформировав структуру правил, согласно которым можно сравнить пласты, перейдем к четвертому этапу сравнения по комплексу количественных критериев, рассмотренных на первых двух этапах.

Четвертый этап. Определение близости пластов по разрезу и простиранию нефтяной залежи.

Этап включает две стадии: оценка близости пластов по разрезу нефтяной залежи; определение сходства пластов по простиранию нефтяной залежи.

Предположим, что месторождение состоит из n пластов, которые описываются m признаками (геологическими, технологическими и др.), объединяемыми в k групп. Пусть каждый m -ый признак представлен как лингвистическая переменная (ЛП) и имеет свой вид функции принадлежности. Пусть задача состоит в создании алгоритма [1], позволяющего определить сходство пластов и выделить их в ЭО по m признакам.

Алгоритм I стадии оценки сходства пластов (по разрезу).

Этап 1. Определение среднеарифметических значений признаков по пластам.

Шаг 1. Цикл по пластам.

Шаг 2. Цикл по признакам.

Шаг 3. Цикл по скважинам

Шаг 4. Определение среднеарифметических значений признаков по пластам.

Этап 2. Построение диаграмм «близости» пластов для термина I — «очень близкие пласты».

Шаг 1. Цикл по i -ым пластам.

Шаг 2. Цикл по j -ым пластам, $i \neq j$.

Шаг 3. Цикл по признакам.

Шаг 4. Определение «соотношения пористостей», «соотношения эффективных нефтенасыщенных толщин».

Шаг 5. Определение «кратности проницаемостей», «кратности вязкостей».

Шаг 6. Определение «разницы глубин».

Шаг 7. Определение степеней принадлежности лингвистических переменных сравниваемых пар пластов терму I — «очень близкие пласты».

Шаг 8. Нахождение $\min$ степеней принадлежности по рассматриваемым признакам.

Шаг 9. Построение диаграмм «близости» пластов для термина I — «очень близкие пласты».

Этап 3. Оценка «сходства» пластов по среднеарифметическим признакам и выбор ЭО.

Алгоритм II стадии оценки сходства пластов (по простираанию).

Шаг 1. Цикл по ЭО.

Шаг 2. Цикл по скважинам.

Шаг 3. Цикл по i -ым пластам.

Шаг 4. Цикл по j -ым пластам, $i \neq j$.

Шаг 5. Цикл по признакам.

Шаг 6. Определение «соотношения пористостей», «соотношения эффективных нефтенасыщенных толщин».

Шаг 7. Определение «кратности проницаемостей», «кратности вязкостей».

Шаг 8. Определение «разницы глубин».

Шаг 9. Нахождение степеней принадлежности терму I — «очень близкие пласты».

End Шаг 5.

Шаг 10. Нахождение $\min$ среди степеней принадлежности по

признакам для рассматриваемой пары пластов.

End Шаг 4.

Шаг 11. Определение $\min$ для рассматриваемой пары пластов.

End Шаг 3.

Шаг 12. Определение $\min$ степени принадлежности по пластам в скважине.

End Шаг 2.

Шаг 13. Построение карт успешности выбора ЭО.

End Шаг 1.

Данные алгоритмы реализованы в виде компьютерной программы. На этом четвертый этап заканчивается.

Выводы.

1. Предлагаемая методика позволяет определять сходство пластов, выделять их в эксплуатационные объекты на многопластовых нефтяных месторождениях и разукрупнять эксплуатационные объекты на поздней стадии разработки в условиях неопределенности исходной геолого-физической информации с помощью теории нечетких множеств.

2. Методика определения сходства нефтесодержащих пластов применяется при выделении эксплуатационных объектов на Миннибаевской площади Ромашкинского месторождения в Татарии и на месторождениях Среднего Востока.

Список литературы.

1. Гудман С.Е., Хидетнием С.Т. Введение в разработку и анализ алгоритмов. — М.: Мир, 1981. — 366 с.

2. Еремин Н.А., Пономаренко Е.М. Лингвистическое описание параметров при выделении эксплуатационных объектов. — М.: ВНИИОЭНГ, 1994. — 78 с.

3. Еремин Н.А. Моделирование месторождений углеводородов методами нечеткой логики. — М.: Наука, 1995. — 462 с.

4. Желтов Ю.П. Разработка нефтяных месторождений. — М.: Недра, 1986. — 332 с.

5. Заде Л.А. Понятие о лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976. — 165 с.

6. Иванова М.М., Дементьев Л.Ф., Чоловский И.П. Нефтегазопромысловая геология и геологические основы разработки месторождений нефти и газа. — М.: Недра, 1985. — 422 с.

7. Каналин В.Г., Дементьев Л.Ф. Методика и практика выделения эксплуатационных объектов на многопластовых нефтяных месторождениях. — М.: Недра, 1982. — 224 с.

8. Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений: Проектирование месторождений. / Под ред. Ш.К. Гиматудинова. — М.: Недра, 1983. — 463 с.