

ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О ВЫБОРЕ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ
НЕФТЕДОБЫЧИ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Т.Д.ГАСАНОВ*, С.Р.ИБРАГИМОВА **, А.А.АББАСЗАДЕ *

Научно-технический комплекс «Информатика»** Институт Космических Исследований Природных Ресурсов*

Разработана экспертная система для решения задачи оптимального выбора методики воздействия на нефтяной пласт и его призабойную зону с целью повышения нефтеотдачи и максимального извлечения нефти из недр.

В настоящее время большую актуальность приобретает использование экспертных систем для решения объемных, трудноформализуемых задач в различных предметных областях. Эти задачи характеризуются, как правило, отсутствием или сложностью формальных алгоритмов решения, неполнотой и нечеткостью исходной информации, нечеткостью достигаемых целей. Данные особенности приводят к необходимости использования в процессе решения данных задач знаний, полученных от человека-эксперта в предметной области, и разработки экспертных систем, осуществляющих сбор и управление этими знаниями, принимающими решения об оптимальном способе достижения целей в условиях неполноты и нечеткости.

Знания человека-эксперта о решении задач в условиях неполноты, нечеткости исходной информации и достигаемых целей, также имеют нечеткий характер. Для их формализации в настоящее время успешно применяется аппарат теории нечетких множеств и нечеткой логики [1]. Нечеткие понятия в данном случае формализуются в виде нечетких и лингвистических переменных, а нечеткость действий в процессе принятия решения – в виде нечетких алгоритмов. Экспертные системы, способные формализовывать нечеткую информацию и обрабатывать ее в рамках нечетких алгоритмов, получили название нечетких экспертных систем [2].

Большую актуальность в настоящее время имеет использование нечетких экспертных систем для решения задач моделирования в области геологии и разработки нефтяных месторождений. Основной характерной чертой задач, решаемых в данной предметной области, является неопределенность, нечеткость и неполнота знаний о месторождении [3]. Знания, используемые специалистом-геологом при решении задач в данных предметных областях, зачастую интуитивны и субъективны, что во многом

связано с тем, что геологи пока далеки от полного понимания совокупности процессов, которые происходят при разработке нефтяных месторождений. С другой стороны, многие геологические показатели месторождений в принципе не могут быть определены четко из-за своей природы. Например, граница залежи – идеальный объект, она не может быть определена четко по своей природе, она размытая, неопределенная и нечеткая.

Множество основных целей, достигаемых при разработке нефтяных месторождений – извлечение запасов залежи с максимальной прибылью, с высокой нефтеотдачей, с наименьшими ресурсными и финансовыми затратами, с наименьшими экологическими потерями – являются расплывчатыми, нечеткими, неопределенными. Они не достижимы полностью и изменяются во времени [4].

При решении задач обработки неполной, неточной и размытой информации все большее внимание уделяется использованию методов теории нечетких множеств. Данные методы хорошо зарекомендовали себя при решении сложных, плохо формализуемых задач, в условиях неполноты, размытости исходной информации и достигаемых целей.

Нечеткое множество \tilde{A} , заданное на универсальном множестве X , определяется как множество пар $\tilde{A} = \{x_i, \mu_{\tilde{A}}(x_i)\}_{i=1,n}$, где $x_i \in X$ - элемент универсального множества, $\mu_{\tilde{A}}(x_i) \in [0,1]$ - степень его принадлежности нечеткому множеству \tilde{A} . Функцию $\mu_{\tilde{A}}(x)$ называют функцией принадлежности нечеткого множества \tilde{A} [1].

Основными составляющими методов нечеткой обработки, являются: блок фаззификации изображения, блок обработки и блок дефаззификации результата обработки [2].

Наиболее простой способ фаззификации таких изображений заключается в нормализации их градаций серого к $[0;1]$. Другим, часто используемым на практике, методом фаззификации изображения является формирование функции принадлежности $\mu_{\tilde{I}}(x, y)$ на основании формулы (1):

$$\mu_{\tilde{I}}(x, y) = \left[1 + \frac{I_{\max} - I(x, y)}{F_d} \right]^{-F_e}, \quad (1)$$

где F_d, F_e - заранее выбранные константы [3].

Существует ряд нечетких преобразований, позволяющих осуществлять классические преобразования изображений в нечеткой области. Например, операция контрастирования изображения в нечеткой области может быть выполнена путем использования формул (2) и (3), операция порогового ограничения – путем использования формул (4) для порогового ограничения снизу и (5) для порогового ограничения сверху:

$$\mu_{T(\tilde{T})}(x, y) = \begin{cases} 2 \cdot (\mu_{\tilde{T}}(x, y))^2, & 0 \leq \mu_{\tilde{T}}(x, y) \leq 0.5, \\ 1 - 2 \cdot (1 - \mu_{\tilde{T}}(x, y))^2, & 0.5 < \mu_{\tilde{T}}(x, y) \leq 1, \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{T(\tilde{T})}(x, y) = (\mu_{\tilde{T}}(x, y))^\beta, \quad \beta > 0; \quad (3)$$

$$\mu_{T(\tilde{T})}(x, y) = \begin{cases} \mu_{\tilde{T}}(x, y), & (x, y) \in I_\alpha(x, y), \\ \mu_{\tilde{T}}(x_{\min}, y_{\min}), & (x, y) \notin I_\alpha(x, y); \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{T(\tilde{T})}(x, y) = \begin{cases} \mu_{\tilde{T}}(x, y), & (x, y) \in I_\alpha(x, y), \\ \mu_{\tilde{T}}(x_{\max}, y_{\max}), & (x, y) \notin I_\alpha(x, y). \end{cases} \quad (5)$$

В общей сложности, нефтяное месторождение представляет собой сложную систему, характеризующуюся множеством взаимосвязанных и взаимно влияющих друг на друга свойств. Учесть все эти взаимосвязи, в некоторой жесткой математической модели месторождения, нереально. Классические математические модели, в рамках которых производятся попытки описать процессы, протекающие в нефтяной залежи (методы подземной гидромеханики, вероятностные модели и т.д.), не могут охватить всю сложность данных объектов, в силу чего их использование видится только для решения отдельных частных подзадач, причем в рамках значительных упрощений.

Все перечисленные факторы вносят свое влияние на методику решения задач моделирования нефтяных месторождений. Как правило, данные задачи решаются геологом-экспертом на основе анализа всей доступной информации. Решения, принимаемые при этом, носят интуитивный, субъективный характеры. С другой стороны, эксперт в ходе собеседования способен сформировать те интуитивные правила и алгоритмы, которые он использует при принятии решений. Проблема состоит в том, что эти правила и алгоритмы будут обладать большой степенью размытости и нечеткости, а знания, полученные от различных экспертов, будут, зачастую, противоречивы. Задачу управления такого рода знаниями, полученными от специалистов-геологов, и призваны решать экспертные системы, используемые в настоящее время.

Авторами исследовалась проблема разработки экспертной системы для решения задачи оптимального выбора методики воздействия на нефтяной пласт и его призабойную зону с целью повышения нефтеотдачи и максимального извлечения нефти из недр [5]. В настоящее время отсутствуют формальные математические модели, позволяющие провести такую оптимизацию, хотя специалисты по МУН (методам увеличения нефтеот-

дачи) решают эту задачу постоянно и их решения зачастую действительно близки к оптимальным.

Разработанная авторами экспертная система для решения задачи оптимального выбора методики воздействия на нефтяной пласт, способна накапливать знания специалистов-геологов в данной предметной области и управлять этими знаниями при принятии решения.

Экспертная система включает в себя два модуля - модуль накопления и управления знаниями экспертов (конструктор методик принятия решений о выборе МУН) и модуль нечеткого вывода.

Основное требование к модулю накопления и управления знаниями экспертов - возможность его легкого практического использования специалистом-геологом, не знакомым с языками программирования. В то же время, данный модуль должен обеспечить геологу возможность качественного формирования базы знаний в соответствии с потребностями решаемой задачи. Разработанный конструктор методик реализован на языке Turbo Basic, что позволило организовать удобный визуальный пользовательский интерфейс для формирования баз знаний. С другой стороны, средства языка высокого уровня Turbo Basic позволили реализовать диалоговый режим с экспертом, в ходе которого более качественно осуществляется наполнение базы знаний. Знания, закладываемые пользователем в данном модуле, хранятся в рамках базы данных ACCESS, включающей несколько взаимосвязанных таблиц.

В качестве базового языка для экспертной системы был взят язык нечеткой экспертной системы FLOPS. ЭС FLOPS использовалась как модуль нечеткого вывода в разработанной экспертной системе.

Использование ЭС FLOPS как базовой, при осуществлении нечеткого вывода в решаемой задаче, потребовало написания компилятора базы знаний из табличной формы ACCESS, формируемой конструктором методик, на язык экспертной системы FLOPS. Компиляция базы знаний выполняется путем вызова соответствующего меню в конструкторе методик.

Одной из достаточно трудоемких задач для эксперта является введение в экспертную систему информации по реальным скважинам и месторождениям. Для облегчения этой работы, был написан модуль-импортер геологической информации из баз данных системы 3D-визуализации нефтяных пластов [6,7,8].

Общая структура взаимодействия модулей ЭС представлена на рис. 1.

В базу знаний экспертной системы включены знания, извлеченные из различных источников. Основными из них являлись следующие:

- Научная литература: монографии.
- Документация разработчиков методик увеличения нефтедобычи.
- Экспертные рекомендации.



Рис. 1. Структура взаимодействия модулей ЭС

Структура базы знаний. База знаний разработанной экспертной системы состоит из следующих справочников:

1. Справочник геолого-технологических параметров.
2. Справочник модификаторов.
3. Справочник известных методик.
4. Справочник нефтяных скважин.
5. Справочник экспертных правил, определяющих функционирование экспертной системы.
6. Справочник усредненных значений геологических параметров нефтяных месторождений.

Справочник геолого-технологических параметров экспертной системы содержит список параметров, которые специалист-эксперт может использовать при формировании правил, определяющих процедуры принятия решения о выборе отдельных методик.

Первоочередность	Параметр
1	Номер скважины
2	Месторождение
3	Тип горизонта
4	Тип коллектора
5	Глинистость
6	Карбонатность
7	Дебит нефти
8	Обводненность продукции
9	Текущая нефтенасыщенность
10	Глубина залегания пласта

Выделено 3 основных типа значений геолого-технологических па-

раметров. Каждый тип параметров по-разному задается экспертом и по-разному хранится в БЗ экспертной системы

Типы геолого-технологических параметров:

1. Список значений – параметры перечисляемого типа, которые могут принимать в отдельном правиле одно из заданных, как правило, нечисловых значений.
2. Список градаций – числовые лингвистические переменные, значениями которых являются нечеткие числа. В виде нечетких чисел данные параметры участвуют при формировании правил экспертом (например, дебит нефти – малый, средний, большой).
3. Числовой без градаций – числовые параметры, которые могут использоваться в правилах в виде числовых значений и числовых интервалов. Градации данных параметров при формировании правил экспертом не используются.

Значения параметра каждого типа в правилах определяют четкие или нечеткие границы применимости отдельных методик увеличения нефтедобычи.

Эксперт в конструкторе методик может легко управлять созданием, удалением и корректировкой возможных значений геолого-технологических параметров всех типов. При необходимости, возможна смена типа параметра.

Справочник модификаторов экспертной системы определяет список модификаторов, которые могут использоваться экспертом при формировании правил, влияя на степень нечеткости границ применимости методик. В качестве такого рода модификаторов использовались модификаторы языка FLOPS (nearly, about, crudely, roughly).

Справочник нефтяных скважин содержит информацию по нефтяным скважинам месторождения, относительно которых ЭС принимает решения о возможности применения на них отдельных МУН.

Справочник экспертных правил – содержит список правил принятия решений о назначении мероприятий на заданных нефтяных скважинах.

Правила в ЭС имеют вид нечетких продукций вида:

ЕСЛИ

P_1 удовлетворяет U_1

И/ИЛИ

P_2 удовлетворяет U_2

...

P_n удовлетворяет U_n

ТО

можно применять Методику U_i ,

где P_i - параметры, U_i – четкие или нечеткие ограничения на значения параметра, при формировании которых могут участвовать модификаторы из соответствующего справочника.

Справочник усредненных значений содержит список усредненных значений по некоторому месторождению. Данный справочник может быть использован специалистом-экспертом (и только им) при отсутствии знаний о конкретных значениях отдельных параметров месторождения.

Выводы. Таким образом, производя доработку функций и модулей экспертной системы, получаем следующее:

На вход модуля принятия решения экспертом подается информация о геолого-технологических характеристиках конкретного месторождения и его скважинах. Результатом работы экспертной системы является выяснение степени достоверности принятия решения. Эта информация во многом помогает эксперту при окончательном принятии решения о выборе метода увеличения нефтедобычи.

Пример работы предложенного метода представлен на рис. 2.

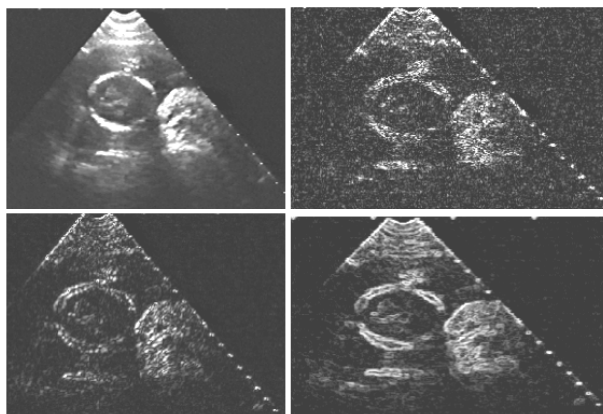


Рис. 2. Пример работы методов выделения контуров изученной местности.

Результатом работы всего комплекса является принятие, с некоторой достоверностью, решения о выборе методик для заданных скважин.

Исследование системы на реальных данных показало корректность ее работы в 92% случаев. Идет дальнейшее совершенствование системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. / Математика сегодня. М.: Знание, 1974.
2. Фролов Ю.В. Интеллектуальные системы и управленческие решения. М.: 2000.
3. Еремин Н.А. Моделирование месторождений углеводородов методами нечеткой логики. М.: Наука, 1994.
4. Муслимов Р.Х. Планирование дополнительной добычи и оценка эффективности методов увеличения нефтеотдачи пластов. Казань, 1999.
5. Глова В.И., Аникин И.В., Аджели М.А. Система нечеткого моделирования

- для решения задач повышения нефтедобычи // Вестник КГТУ им. А.Н.Туполева, № 3, 2001.
6. Ибрагимова С.Р. Программные пакеты предварительной обработки данных дистанционного зондирования. Научные труды, Фундаментальные науки, №3, Баку, 2002, с. 105-110.
 7. Ибрагимова С.Р. Методы дистанционного зондирования земли с применением новейших информационных технологий // Известия НАН Азербайджана, т. XXII, 2002, №2-3, с.168-173
 8. Аббасзаде А.А., Гасанов Т.Д. Аэрокосмогеологические информационные методы исследования и освоения природных ресурсов Земли. Труды международной конференции «Информационные и электронные технологии в дистанционном зондировании». Баку, 2004.

**NEFT YATAQLARINDA NEFT HASILATININ ARTIRILMASI
ÜSULLARININ SEÇİLMƏSİ MƏSƏLƏLƏRİNDƏ
QƏRAR QƏBUL EDİLMƏSİ**

T.D.HƏSƏNOV, S.R.İBRAHİMOVA, A.A.ABBASZADƏ

XÜLASƏ

Neft təbəqəsinə təsir edən üsulun optimal seçilməsi və dərin qatlarında neft hasilatının artırılması məsələsinin həllində ekspert sistemi işlənmişdir.

**DECISION-MAKING CHOICE OF METHODS FOR INCREASE
OIL EXTRACTING OIL FIELD**

T.D.GASANOV, S.R.IBRAHIMOVA, A.A.ABBASZADE

SUMMARY

The expert system for the decision of a problem of an optimum choice of a technique of influence on an oil layer and its bottom hole a zone is developed with the purpose of increase of petrofeedback and the maximal extraction of oil from bowels.