

Коданова Шынар Кулмаганбетовна

канд. техн. наук, доцент

Аманбаева Жанылсын Шынбергеневна

преподаватель

Атырауский институт нефти и газа

г. Атырау, Республика Казахстан

ПРОЦЕДУРЫ И МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Аннотация: в статье исследованы процедуры и методы принятия решений при разработке нефтяных месторождений, формализована и получена общая постановка задачи исследования – многокритериальная задача принятия решений по эффективному управлению объектами и процессами разработки нефтяных месторождений в нечеткой среде.

Ключевые слова: принятие решений, разработка нефтяных месторождений, лицо, принимающее решение, ЛПР, нефтяная залежь, плотность сетки скважин, Парето оптимальное решение, многокритериальность, нечеткая информация, функция принадлежности.

В последние годы в нефтяных компаниях для решения задач по разработке нефтяных месторождений (РНМ) созданы междисциплинарные (синергетические) команды, включающие специалистов из многочисленных подразделений геологов, разработчиков, системотехников, экономистов, экологов, финансистов. Это делается для того, чтобы достичь консенсуса среди специалистов, которые будут в конечном итоге реализовать проект разработки нефтяных месторождений. С самых первых шагов руководство нефтяной компании добивается тесного взаимодействия и взаимопонимания между специалистами различных научных и технических дисциплин.

Принятие решений (ПР) обычно происходит на уровне команды в целом, окончательное решение на верхнем уровне освобождается от технических аспектов и мелких деталей. Для детальной проработки сложных технологических и

технических проблем могут создаваться подкоманды. При планировании работы такой команды исходят из системных позиций. Узкопрофильные специалисты передают свои выводы и решения на более высокий уровень принятия решений. Например, специалисты по способам добычи нефти анализируют объемы и физико-химические свойства добываемой продукции, содержание механических примесей, глубины разрабатываемых горизонтов и готовят решения по способу добычи нефти и газа. Экологи детально исследуют влияние бурения, освоения, разработки и эксплуатации залежи на окружающую среду, ландшафт, людей и оценивают возможные варианты снижения этого влияния.

Выводы, полученные на локальном уровне рассмотрения частных вопросов разработки (сейсмоки, геофизики, геологии, бурения, разработки, эксплуатации, моделирования, экономики, экологии), служат основой для формирования множества решений на глобальном уровне. Команда управляющих, имея информацию о всех решениях, полученных на локальном уровне, формирует стратегию разработки и осуществляет конечный выбор нескольких вариантов проектов. С учетом всех замечаний, полученных в ходе детального рассмотрения финансовых, экономических, технических и юридических вопросов, принимается окончательный проект разработки, который в дальнейшем обычно не пересматривается [1].

При принятии решения командой специалистов или группой лиц, принимающих решение (ЛПР), не остается времени на дискуссии, высказанная точка зрения обязательно будет учтена в окончательном решении. Группу ЛПР формируют из специалистов узкого профиля (по данному региону, технологии и техники) и избегают привлечения лиц из других специальностей и лиц, специализирующихся по разработке других нефтегазоносных провинций и регионов.

При получении новой информации по объекту разработки руководитель команды организует ее обсуждение обязательно со всеми специалистами. При этом он стремится получить настоящий консенсус и добиться эффективных проектных решений. Для работы в команде специалисты должны пройти обучение по организации междисциплинарной команды с учетом специфики ее работы.

Предлагаемая в данной работе методология ПР при РНМ на базе теории нечетких множеств есть расширение классической теории ПР, в частности за счет нечеткости, которая ассоциируется с оценками, явно связанными с агрегированием различных промысловых, физических и геологических параметров, влияющих на РНМ. При комплексировании различных методов (лабораторных исследований керна, тестовых исследований скважин, ГИС и др.) неопределенность в данных увеличивается. Агрегирование различных методов приносит еще один вид неопределенности в информацию.

Основные элементы многодисциплинарного подхода: идентификация неопределенностей (геологической, петрофизической и др.); 3М описание пласта; моделирование течения флюидов с целью предсказания поведения пласта при разработке [2]. К кардинальным вопросам разработки нефтяных месторождений можно отнести следующие: выделение эксплуатируемого объекта (ЭО); установление оптимальных размещения и плотности сетки скважин; принципы выбора методов воздействия на залежь; последовательность разбуривания месторождений; выбор рационального варианта разработки.

Следует отметить, что гидродинамические расчеты, основанные на исследовании процессов фильтрации в однородных пластах, для реальных месторождений не применимы; не любая плотность сетки скважин позволяет отобрать извлекаемый запас нефти; при любых других возможностях вариант с меньшими сроками разработки и более плотной сеткой скважин предпочтителен: выделение ЭО должно быть строго увязано с проблемой размещения скважин. Набор основных задач РНМ в целом уже достаточно определен и устойчив. Обоснование задачи многоцелевого системного проектирования разработки нефтяного месторождения (МСП РНМ), включают следующие этапы (см. рисунок 1): формализация задачи проектирования с идеализацией объекта разработки; структуризация проектных условий; непрерывное уточнение проектных условий [3]. Переменные проектирования определяют область допустимых значений. Критерии проектирования ограничивают область допустимых решений задачи.

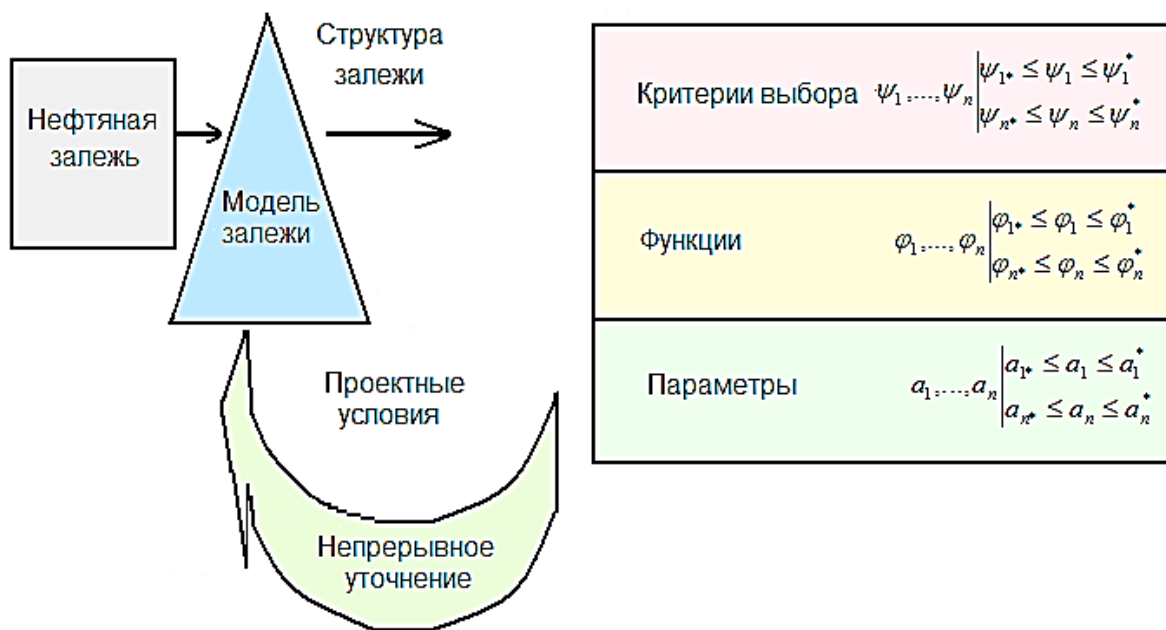


Рис. 1. Постановка задачи многоцелевого системного проектирования разработки нефтяных месторождений (МСП РНМ)

Алгоритм последовательности построения и решения задачи МСП РНМ состоит из формирования глобальных целей решения задачи, набора задач, отвечающих достижению глобальных целей, множества глобальных критериев выбора эффективных решений; установления последовательности решения задач, переменных, критериев проектирования и локальных критериев выбора; выбора рационального варианта разработки.

Решение задачи МСП РНМ состоит из следующих этапов: определение множества вариантов проектных решений; определение более узкого (парето-оптимального) множества вариантов проектных решений; выбор рациональных вариантов проектных решений с учетом предпочтений ЛПР.

Оценка проектного решения проводится не по одному отдельно взятому критерию, а по совокупности критериев, удовлетворяющих противоречивым целям разработки нефтяного месторождения. Эти противоречия возникают из-за того, что система РНМ должна удовлетворять стремлениям по крайней мере трех обязательных участников: фирмы-оператора, местных органов власти и государства. Цели этих участников не всегда совпадают. Поэтому такая система является компромиссным решением, соответствующим заявленным целям участников в

наибольшей мере. Так, фирма-оператор преследует цели максимизации прибыли и минимизации инвестиций; местные органы власти – максимизации налогов, отчислений, платежей, штрафов в местный бюджет и минимизации экологических последствий; государство – максимизации использования ресурсов УВ и максимизации отчислений. Из простого сопоставления этих целей видно, что они противоречат друг другу.

Предположим, что ищутся проектные решения в пространстве двух переменных – a_1 и a_2 . В этом случае последовательность определения парето-оптимального множества решений будет следующая. Пусть переменные имеют соответствующие области допустимых значений: $a_{1*} < a_1 < a_{1*}$ и $a_{2*} < a_2 < a_{2*}$. И пусть качество проектных решений взвешивается или оценивается по двум критериям $F_1 = F_1(a_1, a_2)$ и $F_2 = F_2(a_1, a_2)$, тогда множество всех допустимых проектных решений разработки залежи B , отображенное в пространстве критериев (F_1, F_2) , будет иметь вид, показанный на рисунке 2, а.

Пусть существуют критерии проектирования (или функциональные ограничения), которые ограничивают область допустимых значений переменных a_1 и a_2 (например, рассматриваются только те значения a_1 и a_2 , которые характерны для исследуемого нефтесодержащего пласта). В этом случае множество проектных решений в пространстве критериев (F_1, F_2) значительно сузится: $G \subset B$ (рисунок 2, б). Существуют ограничения, которые накладываются и на критерии выбора F_1 и F_2 : $F_{1*} \leq F_1 \leq F_{1*}$ и $F_{2*} \leq F_2 \leq F_{2*}$. Полученное множество проектных решений будет существенно меньше G : $D \subset G \subset B$ (см. рисунок 2, в). Наконец, в полученном пространстве можно определить парето-оптимальные решения.

Точка C называется оптимальной (максимальной) точкой по Парето, если не существует такое $C_i \in D$, что $F(C_i) > F(C)$. Такое множество $P \subset D$ называется парето-оптимальным, если оно состоит из всех оптимальных, по Парето, точек (рисунок 2, в).

Проблемы принятия решений экстенсивно изучаются при помощи методов математического программирования (линейного и нелинейного, детерминиро-

ванного, стохастического, нечеткого) и техники многокритериального ПР. Следует отметить, что в большинстве случаев на ранних стадиях разработки имеется недостаточная (или неадекватная) информация по скважинам для генерации достоверных геологических моделей подсчета запасов и разработки [4].

В этом случае многокритериальный подход, основанный на теории нечетких множеств и экспертных оценках, является наиболее адекватным исходным условиям моделирования залежи, нечетким по своей природе. Процесс разработки месторождений нефти и газа рассматривается в сложных геолого-технических системах как многокритериальный процесс принятия решений. К настоящему времени накоплена значительная специализированная информация о процессах и технологиях при РНМ. При этом опыт применения широкоиспользуемых технологий позволил сформировать целостную систему критериев для достижения экономической и технологической успешности их осуществления.

Переходим к формализации и математической постановке задач исследования – принятия эффективного решения на основе математических моделей процессов РНМ с учетом нечеткости исходной информации. Эти задачи являются многокритериальными. К основным критериям при принятии решения по управлению процессами РНМ можно отнести в первую очередь группы экономико-экологических критериев. Эти критерии, как правило, являются противоречивыми, следовательно, придется выбрать компромиссное решение.

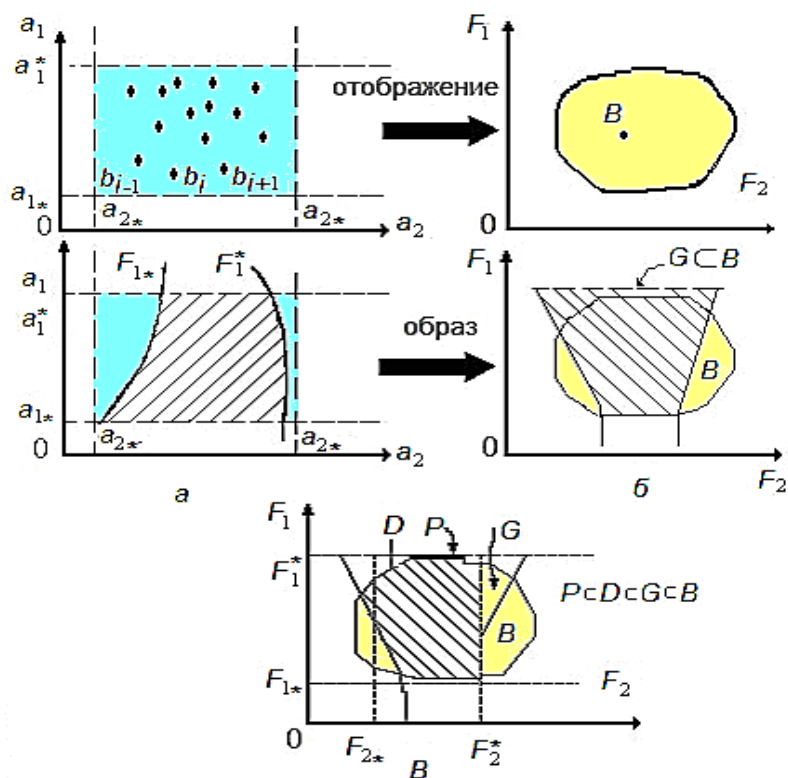


Рис. 2. Динамика определения допустимого множества решений в задачах разработки нефтяных месторождений

Таким образом, задачи ПР при управлении объектами и процессами РНМ, характеризующиеся многокритериальностью, сводятся к решению задач векторной оптимизации, которые позволяют найти область эффективных решений, а окончательный выбор и принятие решений может осуществлять ЛПР (в нашем случае инженер-оператор) на основе своего предпочтения, ситуаций на производстве, а также информации, полученной в диалоге с компьютерной системой поддержки принятия решений.

Для формализации и решения задач оптимизации и управления объектами и процессами разработки нефтяных месторождений, предлагается следующая методика [5]:

- 1) выявить условия работы исследуемого объекта и их связи с другими элементами системы разработки месторождений углеводородов;
- 2) выбрать локальные критерии объекта, которые описывают состояние и показатели работы объекта и что необходимо оптимизировать;

3) определить управляющие параметры, изменяя которые можно добиться эффективные (оптимальные) значения критериев;

4) сформулировать задачу принятия решений по обеспечению эффективного компромиссного решения;

5) разработать систему математических моделей технологических объектов, описывающих связь управляющих воздействий со значениями локальных критериев качества (сбор и обработка исходной информации (теоретической, экспериментально-статистической, экспертной, нечеткой); на основе собранных данных выявить типы моделей, которые могут быть построены для исследуемых объектов и процессов РНМ; анализ и выбор типа моделей (на основе критериев сравнения и выбора); построение отдельных моделей объектов и их объединение в систему);

б) корректировка постановок задач ПР по управлению процессами РНМ;

7) выбор, модификация или разработка алгоритмов решения задач ПР по выбору эффективного варианта и схемы разработки месторождений;

8) разработка программного обеспечения системы поддержки принятия решений и управления процессом разработки нефтяных месторождений.

Рассмотрим формализацию постановки задачи принятия решений по выбору эффективного решения по РНМ. Пусть имеются связанные математические модели процессов разработки, т. е. оператор, приводящий в соответствие векторам управляющих воздействий $x = (x_1, \dots, x_n)$ вектор выходных параметров $y = (y_1, \dots, y_m)$

$$y_j = f_j(x), j = \overline{1, m} \quad (1)$$

Модели (1), в зависимости от цели моделирования и от доступной информации, могут быть построены различными способами, при этом должны быть учтены требования, определяющие простоту объединения отдельных моделей в систему.

Критерии локальной оптимальности или частные целевые функции:

$$f_i(x, y) \geq 0, i = \overline{1, m} \quad (2)$$

объединяются в векторную функцию (если критерий управления единственный, то в скалярную функцию, $i = 1$) векторных аргументов x, y , которая выражает предпочтения ЛПР. Например, при управлении процессом разработки месторождений нефти, может быть поставлена задача увеличения прибыли, за счет ухудшения экологических показателей, но не ниже заданного допустимого значения.

При заданных x, y функции f_i принимают определенные значения. Одной из задач является выбор таких векторов x, y , которые выделяют область Парето-множества, где улучшение любого из критериев $f_l \in f, l \in K$ возможно только за счет ухудшения других $-f_q = f, q \in K, l \neq q, K$ – множество индексов.

Так как согласно (1), вектор y сам определяется заданием вектора x , то можно считать, что целевые функции являются функциями только от управляющих воздействий $f_i(x)$. Тогда задача принятия решения по выбору решения ставится в виде многокритериальной задачи оптимизации: необходимо найти вектор управлений $x^* = (x^*_1, \dots, x^*_n)$, обеспечивающий наилучшее приближение к желаемым значениям локальных критериев качества $f^*_i(x^*)$, при выполнении ограничений, наложенных на управления и критерии.

Подходы к выбору решения в многокритериальных задачах на основе предпочтений ЛПР рассматриваются в теории принятия решений [6; 7]. Основная трудность решения проблем многокритериального принятия решений связана с заданием принципа оптимальности. В задачах векторной оптимизации существует много различных принципов (принципы равенства, абсолютной и относительной уступки, лексикографический принцип, принцип выделения главного критерия), каждый из которых приводит к получению различных решений. Это предъявляет серьезные требования к выбору принципа оптимальности, дающего ответ на главный вопрос – в каком смысле выбираемое решение оптимальное, т. е. лучше всех других решений.

При решении этих и других проблем, возникающих при решении многокритериальных задач ПР по управлению РНМ, необходимо применение различного рода эвристических процедур, в которых существенная роль принадлежит экспертам, предпочтениям ЛПР.

Предметом исследования в данной работе является разработка методов моделирования и принятия оптимальных решений с применением последних достижений математических методов и компьютерной технологии. Авторами разрабатывается подход, который позволяет формализовать и решать исходную нечеткую задачу ПР по управлению процессами РНМ без преобразования и используя нечеткость и многокритериальность проблемы на основе модификации различных компромиссных схем ПР.

Предлагается следующая идея к формализации и решению многокритериальных задач ПР по выбору эффективного решения при управлении объектами и процессами РНМ по эколого-экономическим критериям при наличии рассмотренных выше проблем нечеткости исходной информации.

Пусть $f_1(x), \dots, f_m(x)$ – локальные критерии экономико-экологического характера, по которым оценивается и выбирается эффективное решение по управлению процессами РНМ. Каждый из этих критериев зависит от вектора n параметров (входных воздействий) $x = (x_1, \dots, x_n)$ и может различаться своими коэффициентами относительной важности (весами) $\gamma_1, \dots, \gamma_m$. Каждый локальный критерий $f_i(x)$ связан со значением входных воздействий, эту зависимость описывают модели исследуемого объекта и процесса.

В общем виде задачу ПР по управлению процессами разработки нефтяных месторождений, которая характеризуется многокритериальностью и нечеткостью исходной информации, можно формализовать в виде многокритериальных задач нечеткого математического программирования (НМП).

Пусть $\mu_0(x) = (\mu_0^1(x), \dots, \mu_0^m(x))$ – нормализованный вектор критериев: $\mu_0(x) = \varphi(f_i(x))$, оценивающий эффективность принимаемого решения с учетом экономических показателей и природоохранных мероприятий. Предположим, что функции принадлежности выполнения ограничений $\mu_q(x)$ для каждого ограничения $f_q(x) > b_q$, $q = \overline{1, L}$ построены в результате диалога с ЛПР, специалистами-экспертами. Тогда общую многокритериальную задачу ПР в нечеткой среде можно записать в следующем виде:

$$\max_{x \in X} \mu_0^i(x), i = \overline{1, m} \quad (3)$$

$$X = \{x: \arg \max_{x \in X} \mu_q(x), q = \overline{1, L}\} \quad (4)$$

Данная постановка задачи ПР является общей и описывает стремление максимизировать вектора критериев (m) в условиях многих ограничений (L), т.е. в математическом плане является некорректной. Корректные постановки задач ПР и алгоритмы их решения получаются на основе использования различных компромиссных схем принятия решений и принципов оптимальности. На основе модификации компромиссных схем ПР и принципов оптимальности для работы в нечеткой среде можно получить конкретные математические постановки многокритериальных задач ПР в условиях нечеткости исходной информации и разработать алгоритмы их решения.

Выводы: Таким образом, так как системы разработки нефтяных месторождений является сложным процессом, для эффективного решения задач РНМ: необходимо научно-обоснованные методы на основе моделей и методов ПР. Исследованы процедуры и методы принятия решений при разработке нефтяных месторождений, формализована и получена общая постановка задачи исследования – многокритериальной задачи принятия решений по эффективному управлению объектами и процессами РНМ в нечеткой среде. Дано описание процедур взаимодействия и принятия решений синергетической командой специалистов различного профиля, участвующих при РНМ, на локальном и глобальном уровнях. Предложена методология принятия решений по эффективному управлению процессом РНМ на базе теории нечетких множеств, позволяющая расширить классической теории принятия решений за счет формализации и использования нечеткой информации.

Список литературы

1. Карданская Н.Л. Принятие управленческого решения / Н.Л. Карданская. – М.: ЮНИТИ, 1999. – 407 с.
2. Генри Б. Кричлоу Современная разработка нефтяных месторождений – проблемы моделирования. – М.: Недрa, 1979.

3. Золотухин А.Б. Основы многоцелевого системного проектирования разработки нефтяных месторождений: Автореферат дис. на соис. уч. степени д-ра техн. наук. – М, 1990.

4. Serikov T.P. Dialogue algorithm of optimization of technological object of oil refining in light of the deficiency and illegibility of existing information / T.P. Serikov, K.N. Orazbayeva, B. Kadimova // Int. journal of scientific articles «Science and technology». – №4. – P. 78–82.

5. Рыков А.С. Системный анализ: Методы многокритериального выбора и нечеткой оптимизации / А.С. Рыков, Б.Б. Оразбаев. – М.: Metallurg, 1996. – 117 с.

6. Евланов Л.Г. Теория и практика принятия решений. – М.: Экономика, 1984. – 175 с.

7. Саркисян С.А. Теория прогнозирования и принятия решений. – М.: Высшая школа, 1977. – 355 с.