

ЭКСПЕРТНО-ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВЫБОРА МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКИХ ВХОДНЫХ ДАННЫХ

4. Педли, Т. Гидродинамика крупных сосудов [Текст]. Пер.с англ. Т.Педли. - М.:Мир, 1983. - 400с.
5. Солитоны и нелинейные волновые управления [Текст] / Р.Додд [и др.] - М.: Мир, 1988. - 696с.
6. Бахвалов, Н. С. Численные методы [Текст] /Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков - М:Бином. Лаборатория знаний, 2011. - 640с.

Н.с., ассистент Семенистая Е.С., тел. 8 (8634) 311-143, suncat_75@mail.ru - Научно-технический центр "Техноцентр" ФГАОУ ВПО Южный федеральный университет

УДК: 519.816

ЭКСПЕРТНО-ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВЫБОРА МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКИХ ВХОДНЫХ ДАННЫХ

Ю.М. Кононов, А.Е. Гольдштейн

В работе проанализировано программное обеспечение для принятия решений в различных областях, в том числе программы выбора и оценки применимости методов увеличения нефтеотдачи. Описаны неопределённости во входной геолого-промысловой информации и предложена технология оценки применимости методов на основе использования теории нечётких множеств. Представлена авторская экспертно-диагностическая система «Матрица применимости МУН» для выбора оптимального метода увеличения нефтеотдачи на основе оценки геолого-физической информации.

Ключевые слова: : методы увеличения нефтеотдачи, экспертная система, нечеткая логика, критерии, функция принадлежности, неопределённости, нечёткая среда.

Введение

Планирование мероприятий по применению методов увеличения нефтеотдачи (МУН) является сложным процессом и требует комплексного подхода для его реализации. Без совершенствования технологий выбора МУН и их более чёткой формализации сложно в полной мере реализовать возможности МУН. На нынешнем этапе развития нефтяной отрасли подбор МУН для конкретных геологических объектов является важнейшей и, в то же время, слабо изученной проблемой. В России до сих пор очень слабо распространены технологии и программы подбора необходимых МУН, созданных для геологических условий рассматриваемого объекта.

Процесс поиска применимых методов и определения оптимально подходящего из них, значительно усложняется вследствие неоднозначности критериев выбора, а также неточностей и неполноты входных данных. Пластовые системы вместе с насыщающими их флюидами представляют классический пример сложной системы, в которой физическая неопределённость объекта связана как со стохастической неопределённостью (ситуация случайности), так и с принципиально невозможным точным определением конкретных физических параметров среды, измеряемых приборами (ситуация нечёткости). Это позволяет отнести пластовые объекты к

классу нечётких сред, а выбор МУН – к принятию решения в нечёткой среде.

Исследования в области экспертных и интеллектуальных систем

Неформализованные задачи обладают следующими особенностями: неоднозначностью, неполнотой, противоречивостью и ошибочностью исходных данных, знаний о проблемной области и решаемой задаче, а также большой размерностью пространства решения, т.е. перебор при поиске решения весьма велик.

Все вышеперечисленные характеристики данных присутствуют и при оценке применимости МУН. Для решения такого рода задач все большее применение находят экспертные системы и технологии искусственного интеллекта, имитирующие процессы принятия решения человеком и позволяющих получать результаты, не уступающие по качеству и эффективности решениям принимаемым экспертом.

Экспертные системы используются в различных областях, таких как медицина (MYCIN; INTERNIST, CADUSEUS), геология (PROSPECTOR), вычислительная техника (R1/XCON), химия (DENDRAL), авиация (TIMM), юриспруденция (JUDITH), экономика и менеджмент (FlipSIDE; Splendors; PMIDSS; ИНТЕР-ЭКСПЕРТ), математический анализ

РАЗДЕЛ 2. ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И ДАННЫХ

(E-STAT, SESSA). Анализ этих систем показывает, что объединение технологии экспертных систем с технологией традиционного программирования добавляет новые качества к программным продуктам. Лёгкость обращения с блоками программы позволяет работать с ними не программистам, а обычным пользователям, а их большая «прозрачность» упрощает обучение и сопровождение [1].

Аналогичные программы за рубежом успешно развиваются и применяются в нефтяной отрасли (SWORD, EORgui, SelectEOR (PRize), Screening 2.0). Методики и программное обеспечение для аналитического моделирования МУН используются в ряде проектов США, Мексики, Венесуэлы, Колумбии, Египта. Основные разработки систем оценки МУН выполнены в работах Л.М. Сургучева, Р.Р. Ибатулина, М. Trujillo, В. Альварардо, А.М. Shindy, Е.М. Shokir и др.

Сложности использования существующих программ

Причины, затрудняющие использование существующих программ для оценки МУН, заключаются как в недоступности программ (они являются корпоративными и имеют высокую стоимость), так и в некоторых узконаправленных технологических особенностях. В ряде из них используется традиционная четкая логика для оценки МУН, программы созданы для конкретных видов пластов и «заточены» под конкретные МУН; существуют трудности с оперативным добавлением новых оцениваемых МУН и изменением критериев выбора МУН; отсутствует динамическая корректировка программного пакета в зависимости от НИР; отсутствует актуализированная информация по статистике применения МУН.

Неопределённости при выборе МУН

Неопределённости при выборе МУН обусловлены следующими факторами.

1. Неточность входных данных для анализа применимости МУН (геолого-физических свойств пласта).

2. Качественный характер свойств пласта (не всегда корректно могут быть выражены в числовой форме)

3. Неточность в моделировании процессов, происходящих в межскважинном пространстве, затрудняет использование жестких границ критериев применимости.

4. Реакция пласта на воздействие имеет «переходный интервал», границы которого точно не определены.

5. Отсутствие единого стандарта окончательно сформированных критериев применимости МУН.

Оценка применимости МУН

Выбор конкретного МУН зависит от набора критериев, которым должен удовлетворять нефтеносный пласт или его участок и насыщающие его флюиды.

При оценке применимости метода рассматриваются такие характеристики, как тип пласта, глубина залегаания, проницаемость, пористость, температура, коэффициент начальной нефтенасыщенности, угол падения пласта, содержание легких углеводородов, наличие трещиноватости, наличие высокопроницаемых пропластков, текущая обводненность добываемой продукции, вязкость и плотность нефти.

Решение подобных неформализованных задач возможно при использовании теории нечётких множеств. Ее применение позволяет снизить требования к точности и непротиворечивости исходных данных. Для этого нужны четкие критерии преобразовать в нечёткие, сопоставляя каждому критерию соответствующую функцию принадлежности, затем определенным образом комплексировать их в общий критерий, который и будет в себе содержать искомое множество.

В нечёткой логике вводится понятие лингвистической переменной, значениями которой являются не числа, а слова естественного языка – термы, каждому из которых соответствует нечёткое множество (функция принадлежности)[5]. Для физической реализации лингвистической переменной необходимо определить физические значения термов этой переменной, которые могут задаваться различными функциями.

Формирование функций принадлежности

Задача заключается в формировании функций принадлежности (ФП), которые соответствовали бы реальным интервалам применимости методов.

Существует ряд подходов для принятия решения и формирования функций принадлежности, которые условно можно разделить на экспертный и статистический. Для повышения качества разрабатываемых ФП с целью наилучшего отражения ими реальных интервалов применимости методов, использованы оба подхода.

Экспертный подход

Для формирования базовых функций принадлежности выполняется анализ мнений

ЭКСПЕРТНО-ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВЫБОРА МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКИХ ВХОДНЫХ ДАННЫХ

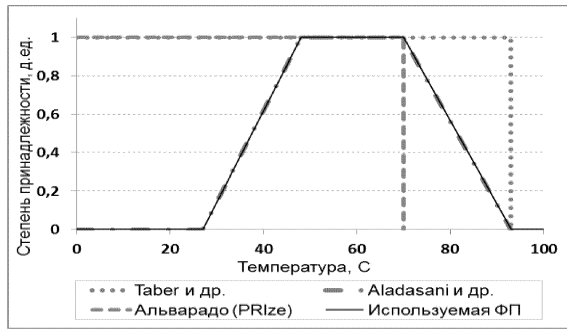


Рисунок 1 – Пример экспертного подхода при формировании ФП. (пример применения щелочей, полимеров, ПАВ)

экспертов (рисунок 1). Рассмотрены критерии, предложенные в работах Муслимова Р.Х., Подымова Е.Д., Степановой Г.С., Ерёмина Н.А., J.J.Taber, F.D. Martin и др., Aladasani и др., Альварардо В., Манрик Э., что позволило выделить критические свойства пластов для конкретных методов, по которым осуществляется оценка применимости. В результате переработки критериев сформированы кусочно-линейные функции принадлежности для критических свойств пласта по 15 методам увеличения нефтеотдачи, относящимся к тепловым, газовым, физико-химическим и гидродинамическим технологиям.

Статистический подход

Для уточнения и проверки экспертных критериев, а также минимизации субъективной составляющей при формировании ФП, а, следовательно, более корректного формирования ФП выполнен анализ статистических данных по проектам применения МУН. Для этого использована авторская база данных [4], содержащая в себе более 600 проектов внедрения МУН на более чем 530 месторождениях различных геологических условий.

Нелинейные функции принадлежности S, Z и T - типа использовались для описания, соответственно, таких неопределённостей, как: большое количество, большое значение

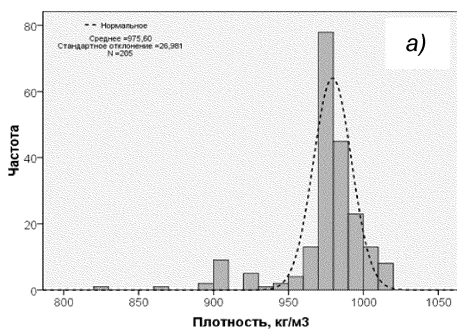
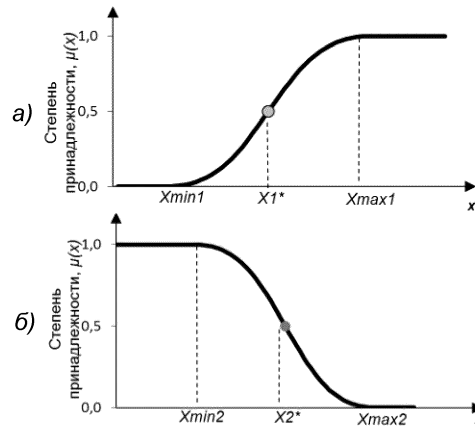


Рисунок 3 – Распределение успешных проектов по закачке пара в зависимости от плотности пластовой нефти (а), трапецевидная функция принадлежности (б).

(рисунок 2а); малое количество, небольшое значение (рисунок 2б); приблизительно равен, среднее значение, расположен на интервале (рисунок 3б). Такие функции принадлежности задавались уравнением вида:



Значение геолого-физического свойства пласта

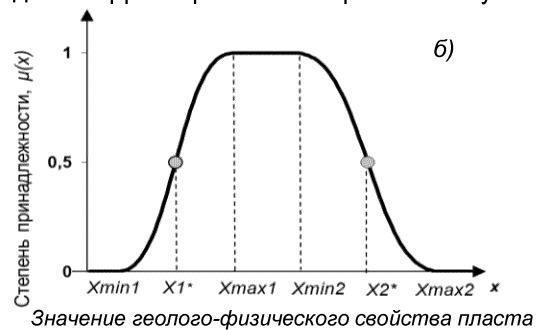
Рисунок 2 – S – образная (а) и Z – образная (б) нелинейные функции принадлежности.

$$\mu_i(X) = \left(1 + \left[\left(\frac{X_{max_i} - X_i^*}{X_i^* - X_{min_i}} \right)^2 \right]^{(-1)^i} \right)^{-1} \cdot \left(\frac{X - X_{min_i}}{X_{max_i} - X} \right)^2 \right)^{-1}, \quad (1)$$

где X_{min_i} и X_{max_i} - минимальные и максимальные значения переменной X для левой ($i=1$) и правой ($i=2$) ветвей функции принадлежности соответственно, X_i^* - точка перехода, в которой соответствующая ветвь ФП принимает значение, равное 0.5.

Процедура построения ФП сводится к заданию трех значений рассматриваемого геолого-физического параметра для каждой из ветвей функции, в которых ФП принимает значения 0, 0,5 и 1,0.

Для реализации статистического подхода и корректировки экспертных ФП учитыва-



Значение геолого-физического свойства пласта

РАЗДЕЛ 2. ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И ДАННЫХ

лась функция плотности вероятности распределения значений свойств пласта (рисунок 3).

Наиболее удобен интерактивный способ общения с ЭВМ эксперта, осуществляющего построение ФП. В экспертной системе «Матрица применимости МУН» [3], предусмотрен самостоятельный модуль, позволяющий пользователю уточнить и скорректировать вид любой из ФП, имеющихся в базе знаний программы, в интерактивном режиме. Регулируя положение точки перегиба, ФП настраиваются под статистику успешного применения МУН

Сформированные в процессе работы функции принадлежности содержатся в базе знаний экспертной системы [3].

Использование синтеза экспертного и статистического подхода при формировании ФП даёт возможность вывести критерии, учитывающие и опыт экспертов, и статистику применения МУН, что позволяет более корректно производить оценку применимости МУН и минимизировать субъективную составляющую при формировании ФП

Анализ опыта применения МУН, критические свойства

В результате статистического анализа промысловых данных по представительным выборкам успешных проектов внедрения МУН выделены наиболее значимые геолого-физические свойства пластов.

На рисунке 4 представлено распределение значений плотности нефти (а) и проницаемости пласта (б), при которых успешно применялась закачка пара на месторождениях США, Венесуэлы, Канады, Тринидада, Бразилии, Германии и Индонезии (по 221 проекту). Распределение значений плотности нефти имеет низкую дисперсию, а дисперсия проницаемости пласта высокая, что иллюстрирует критический и не критический характер параметров. Анализ статистики проектов закачки пара сведён в таблицу 1.

Анализ коэффициентов вариации распределений значений свойств пластов, на которых успешно применялись МУН, позволил выделить критические свойства пласта и учесть вес каждого параметра при вычислении коэффициента применимости.

Технология оценки МУН в условиях нечетких входных данных

Оценка каждого метода осуществляется по набору ФП, отражающих желательные интервалы применимости характеристик пласта. Для каждого геолого-физического свойства пласта во всех заложенных методах

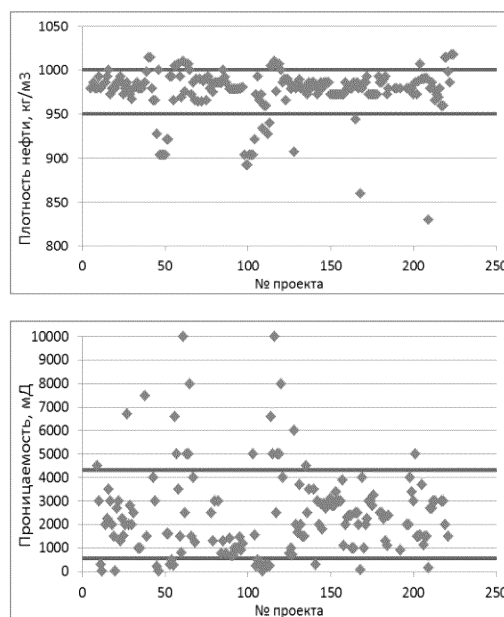


Рисунок 4 – Распределение значений свойств пластов, на которых успешно реализуется закачка пара. Плотность пластовой нефти (а), проницаемость пласта (б). Линиями обозначен интервал отклонения в два СКО от среднего значения выборки.

сформирована соответствующая функция принадлежности.

Таблица 1

Свойства	Min	Ave	Max	sd	CV
Глубина, м	60	483	1164	238	0.492
Пористость, д.ед	0,18	0,32	0,40	0,04	0.124
Проницаемость, мД	5	2423	10000	1823	0,752
Температура, °С	7	39	104	13	0.319
Вязкость нефти, сП	4	3196	25000	3865	1,209
Плотн. нефти, кг/м³	830	976	1018	26,9	0.028
Нач. нефтенасыщенность, д.ед	0,35	0,67	0,90	0,13	0.198

Схема на рисунке 5 показывает связь входного параметра и ФП по цепочке вида «входной параметр» – «метод» – «свойство» – «функция принадлежности». Из него видно, что массив входных данных (характеристик пласта) поступает на вход системы, затем определяется связь каждого метода и конкретного свойства пласта и конкретным свойствам пласта для каждого метода, ставится в соответствие функция принадлежности.

Для удобства визуального восприятия оценки применимости метода диапазон степени принадлежности переводится в шкалу от -1 до 1. Данная шкала обозначается параметром s_j .

Коэффициент применимости метода определяется как [2]:

ЭКСПЕРТНО-ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВЫБОРА МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКИХ ВХОДНЫХ ДАННЫХ

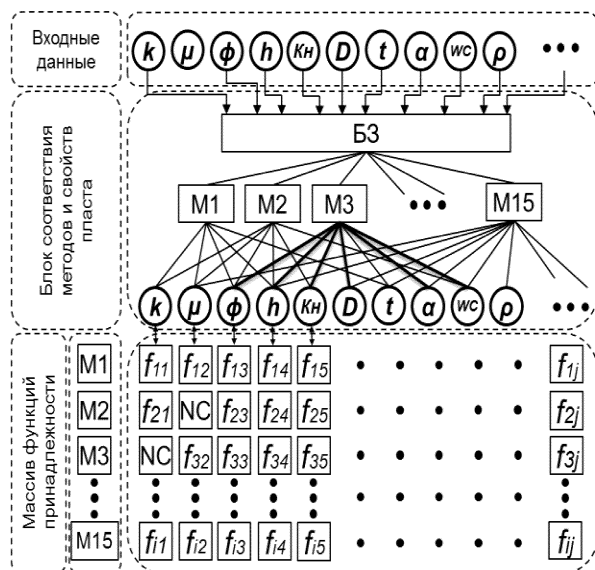


Рисунок 5 - Схема взаимосвязи и зависимости используемых методов, функций принадлежности и свойств пласта в ЭС.

$$K_n = \left(\frac{p}{n}\right) \sum_j^n c_j, \quad \text{при всех } c_j > 0; \quad (3)$$

$$K_m = \left(\frac{p}{n}\right) \sum_j^m c_j, \quad (4)$$

при условии, что хотя бы один $c_j < 0$, где c – параметр принадлежности; j – номер свойства параметра; m и n – количество отрицательных и общее количество оцениваемых параметров принадлежности для метода соответственно; p – фактор, определяющий границы интервала коэффициента применимости.

Коэффициент применимости варьируется в фиксированном интервале, который в свою очередь разбит на субинтервалы, отражающие степень применимости метода (рис. 6).

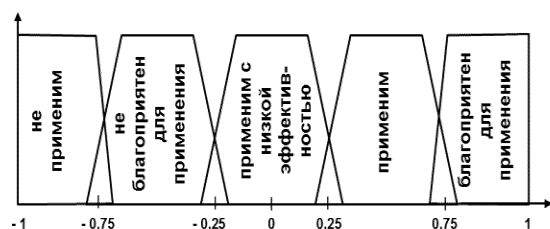


Рисунок 6- Диаграмма функций принадлежности термов лингвистической переменной «степень применимости метода»

После обработки входных данных экспертная система вычисляет коэффициенты применимости и ранжирует методы в соот-

ветствии с диаграммой, изображенной на рисунке 6. К приоритетным для внедрения система относит методы со значением коэффициента применимости более 0,25. Чем ближе коэффициент применимости к единице, тем более предпочтительным является метод.

Для разных методов с коэффициентами, близкими (равными) по значению, возникает задача выбора оптимального метода. Происходит обращение к базе данных месторождений-аналогов и проектов МУН. В итоге предпочтение отдается методу, который эффективно применялся на месторождении-аналоге. Кроме того, в случае близких значений коэффициентов применимости, дополнительно включаются в анализ критерии, не поддающиеся формализованной количественной оценке – подсказки и ограничения находящиеся в базе знаний экспертной системы в словесном виде.

Заключение

В результате проведенных исследований разработана и программно реализована технология оценки МУН в условиях нечетких входных данных.

На базе методов теории нечетких множеств сформированы ФП, представляющие собой нечеткие критерии применимости для критических геолого-физических свойств каждого из заложенных в программе МУН.

Использование синтеза экспертного и статистического подхода при формировании ФП позволило более корректно производить оценку применимости МУН.

Совпадение решений, выдаваемых экспертной системой, с реальным опытом внедрения МУН и решениями, принятыми ранее группой специалистов, подтверждает достоверность предложенных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кононов, Ю.М. Экспертная система для выбора методов увеличения нефтеотдачи в условиях нечетких входных данных/ Ю.М. Кононов // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы IV Международной научно-технической конференции / Под ред. В.А. Углева. – Железногорск: Железногорский филиал СФУ, 2012. – С. 109–113.
2. Иванов, Е. Н. Выбор методов увеличения нефтеотдачи на основе аналитической оценки геолого-физической информации / Е. Н. Иванов, Ю. М. Кононов // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321 – №. 1 – С. 149–154.
3. Свидетельство о регистрации ПЭВМ «Матрица применимости МУН» №2012660944.

РАЗДЕЛ 2. ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И ДАННЫХ

4. Свидетельство о регистрации базы данных «Мировые и отечественные проекты МУН» №2012620655.
5. Попок, Н.И. Использование нейронных сетей и нечеткой логики для прогнозирования физико-химических свойств материалов/ Н.И. Попок, М.В. Пята // Ползуновский вестник. – 2008. – №. 1–№2 – С. 55–62.

Аспирант **Ю.М. Кононов**, association@sibmail.com; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (НИ ТПУ), кафедра информационно-измерительной техники; научный сотрудник ОАО «ТомскНИПИнефть»; Д.т.н., зав. кафедрой **А.Е. Гольдштейн**, algot@tpu.ru - кафедра информационно - измерительной техники НИ ТПУ, тел. (3822) 418911.

УДК: 004.42

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДДЕРЖКИ ЭКСПЕРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ АНАЛИЗЕ РИСКА БАНКРОТСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ

Е.В. Ожогов

В статье рассматриваются основные принципы разработки программного модуля экспертных оценок при оценке риска банкротства предприятия. Описаны основные проблемы при анализе экспертных оценок, а также описана методика анализа расхождения мнений экспертов.

Ключевые слова: экспертная оценка, анализ данных, критерии оценки.

Введение

Механизм диагностики анализа риска банкротства предприятия включает в себя множество этапов, начиная от анализа внутренней структуры предприятия и кадрового состава и заканчивая влиянием множества внешних факторов, таких как упадок рыночных цен на сырье в соседнем регионе или смена власти в государстве-покупателе. Если внутренние факторы предприятия, находящегося на грани банкротства, достаточно полно отражены в документации фирмы, и их легко проанализировать, то для полного анализа внешних факторов необходимо привлечение экспертов в данной области. Сложность правильного использования оценок состоит в том, что экспертов необходимо не только компетентно оценить, но и правильно агрегировать оценки, полученные от нескольких экспертов в данной области.

Методы экспертных оценок представляют собой целый комплекс логических и статистических процедур, связанных с деятельностью экспертов по переработке необходимой для анализа и принятия решений информации в различных областях знаний.

Революция в области коммуникаций, технологические сдвиги во всех сферах жизни привели к изменениям взаимоотношений предприятия с партнерами, конкурентами и потребителями. В практике принятия решений применяются методы экспертных оценок, позволяющие сделать выбор при невозможности точных расчетов последствий решений.

Изменился сам механизм принятия решений, теперь часть информации может обработать компьютер, но без участия человека до сих пор обойтись невозможно.

Экспертные методы

Применение экспертных методов в процессе прогнозирования позволяет предвидеть трудно предсказуемые изменения объекта в условиях частичной или полной неопределенности, которая может возникнуть:

- при отсутствии достоверной информации за достаточно продолжительный период;
- при наличии информации, отражающей только качественную сторону явлений, и невозможность количественной характеристики всех факторов, оказывающих существенное влияние на принимаемое решение;
- в процессах, направления развития которых зависят от принимаемых решений, и, следовательно, далеких от объективности;
- в условиях неустойчивого развития и нарушения инерции в динамике процессов и явлений;
- при анализе качественно новых процессов и явлений [1].

В практике прогнозирования широко используются методы индивидуальной и коллективной экспертной оценки с последующей обработкой полученных оценок статистическими методами. Экспертные оценки применяются во многих сферах жизнедеятельности, таких, как определение относительной