Российский Государственный Университет нефти и газа им.Губкина

#### Кафедра экономики нефтяной и газовой промышленности

### Курсовая работа

тема: «Имитационное моделирование».

Проверил: Захаров К.В.

Москва-2002 г.

**План:**

Введение

1. Определение понятия «имитационное моделирование»
2. Имитационное моделирование воспроизводственных процессов в нефтегазовой промышленности
3. Метод Монте-Карло как разновидность имитационного моделирования
4. Пример. Оценка геологических запасов

##### Заключение

**Введение.**

В исследовании операций широко применяются как аналитические, так и статистические модели. Каждый из этих типов имеет свои преимущества и недостатки. Аналитические модели более грубы, учитывают меньшее число факторов, всегда требуют каких-то допущений и упрощений. Зато результаты расчета по ним легче обозримы, отчетливее отражают присущие явлению основные закономерности. А, главное, аналитические модели больше приспособлены для поиска оптимальных решений. Статистические модели, по сравнению, с аналитическими, более точны и подробны, не требуют столь грубых допущений, позволяют учесть большое (в теории – неограниченно большое) число факторов. Но и у них – свои недостатки: громоздкость, плохая обозримость, большой расход машинного времени, а главное, крайняя трудность поиска оптимальных решений, которые приходятся искать «на ощупь», путем догадок и проб.

Наилучшие работы в области исследования операций основаны на совместном применении аналитических и статистических моделей. Аналитическая модель дает возможность в общих чертах разобраться в явлении, наметить как бы контур основных закономерностей. Любые уточнения могут быть получены с помощью статистических моделей.

Имитационное моделирование применяется к процессам, в ход которых может время от времени вмешиваться человеческая воля. Человек, руководящий операцией, может в зависимости от сложившейся обстановки, принимать те или другие решения, подобно тому, как шахматист, глядя на доску, выбирает свой очередной ход. Затем приводится в действие математическая модель, которая показывает, какое ожидается изменение обстановки в ответ на это решение и к каким последствиям оно приведет спустя некоторое время . Следующее «текущее решение» принимается уже с учетом реальной новой обстановки и т.д. В результате многократного повторения такой процедуры руководитель как бы «набирает опыт», учится на своих и чужих ошибках и постепенно выучивается принимать правильные решения – если не оптимальные, то почти оптимальные.

**Определение понятия «имитационное моделирование».**

В современной литературе не существует единой точки зрения по вопросу о том, что понимать под имитационным моделированием. Так существуют различные трактовки:

* в первой – под имитационной моделью понимается математическая модель в классическом смысле;
* во второй – этот термин сохраняется лишь за теми моделями, в которых тем или иным способом разыгрываются (имитируются) случайные воздействия;
* в третьей – предполагают, что имитационная модель отличается от обычной математической более детальным описанием , но критерий, по которому можно сказать, когда кончается математическая модель и начинается имитационная , не вводится;

Имитационное моделированием применяется к процессам, в ход которых может время от времени вмешиваться человеческая воля. Человек, руководящий операцией, может в зависимости от сложившейся обстановки, принимать те или иные решения, подобно тому, как шахматист глядя на доску, выбирает свой очередной ход. Затем приводится в действие математическая модель, которая показывает, какое ожидается изменение обстановки, в ответ на это решение и к каким последствиям оно приведет спустя некоторое время. Следующее текущее решение принимается уже с учетом реальной новой обстановки и т. д. В результате многократного повторения такой процедуры руководитель как бы «набирает опыт», учится на своих и чужих ошибках и постепенно выучиваться принимать правильные решения – если не оптимальные, то почти оптимальные.

Попробуем проиллюстрировать процесс имитационного моделирования через сравнение с классической математической моделью.

Этапы процесса построения математической модели сложной системы:

1. Формулируются основные вопросы о поведении системы, ответы на которые мы хотим получить с помощью модели.
2. Из множества законов, управляющих поведением системы, выбираются те, влияние которых существенно при поиске ответов на поставленные вопросы.
3. В пополнение к этим законам, если необходимо, для системы в целом или отдельных ее частей формулируются определенные гипотезы о функционировании.

Критерием адекватности модели служит практика.

Трудности при построении математической модели сложной системы:

* Если модель содержит много связей между элементами, разнообразные нелинейные ограничения, большое число параметров и т. д.
* Реальные системы зачастую подвержены влиянию случайных различных факторов, учет которых аналитическим путем представляет весьма большие трудности, зачастую непреодолимые при большом их числе;
* Возможность сопоставления модели и оригинала при таком подходе имеется лишь в начале.

Эти трудности и обуславливают применение имитационного моделирования.

**Оно реализуется по следующим этапам:**

1. Как и ранее, формулируются основные вопросы о поведении сложной системы, ответы на которые мы хотим получить.
2. Осуществляется декомпозиция системы на более простые части-блоки.
3. Формулируются законы и «правдоподобные» гипотезы относительно поведения как системы в целом, так и отдельных ее частей.
4. В зависимости от поставленных перед исследователем вопросов вводится так называемое системное время, моделирующее ход времени в реальной системе.
5. Формализованным образом задаются необходимые феноменологические свойства системы и отдельных ее частей.
6. Случайным параметрам, фигурирующим в модели, сопоставляются некоторые их реализации, сохраняющиеся постоянными в течение одного или нескольких тактов системного времени. Далее отыскиваются новые реализации.

**Имитационное моделирование воспроизводственных процессов в нефтегазовой промыш­ленности.**

Современный этап развития нефтяной и газовой промышленности характеризуется ус­ложнением связей и взаимодействия природных, экономических, организационных, экологиче­ских и прочих факторов производства как на уровне отдельных предприятий и нефтегазодобывающих районов, так и на общеотраслевом уровне. В нефтегазовой промышленности производ­ство отличается длительными сроками, эшелонированием производственно - технологического процесса во времени (поиски и разведка, разработка и обустройство, добыча нефти, газа и кон­денсата), наличием лаговых смещений и запаздываний, динамичностью используемых ресурсов и другими факторами, значения многих из которых носят вероятностный характер.

Значения этих факторов систематически изменяются вследствие ввода в эксплуатацию но­вых месторождений, а также не подтверждения ожидаемых результатов по находящимся в раз­работке. Это вынуждает предприятия нефтегазовой промышленности периодически пересмат­ривать планы воспроизводства основных фондов и перераспределять ресурсы с целью оптими­зации результатов производственно - хозяйственной деятельности. При составлении планов существенную помощь лицам, готовящим проект хозяйственного решения, может оказать ис­пользование методов математического моделирования, в том числе имитационных. Суть этих методов заключается в многократном воспроизводстве вариантов плановых решений с после­дующим анализом и выбором наиболее рационального из них по установленной системе крите­риев. С помощью имитационной модели можно создать единую структурную схему, интегри­рующую функциональные элементы управления (стратегическое, тактическое и оперативное планирование) по основным производственным процессам отрасли (поиски, разведка, разра­ботка, добыча, транспорт, нефтегазопереработка).

Метод Монте-Карло как разновидность имитационного моделирования.

Датой рож­дения метода Монте-Карло принято считать 1949 г., когда появилась статья под названием «The Monte Carlo method». Создателями этого метода считают амери­канских математиков Дж. Неймана и С. Улама. В СССР первые статьи о методе Монте-Карло были опублико­ваны в 1955—1956гг.

Любопытно, что теоретическая основа метода была известна давно. Более того, некоторые задачи стати­стики рассчитывались иногда с помощью случайных вы­борок, т. е. фактически методом Монте-Карло. Однако до появления электронных вычислительных машин (ЭВМ) этот метод не мог найти сколько-нибудь широкого применения, ибо моделировать случайные величины' вручную—очень трудоемкая работа. Таким образом, возникновение метода Монте-Карло как весьма универ­сального численного метода стало возможным только благодаря появлению ЭВМ.

Само название «Монте-Карло» происходит от города Монте-Карло в княжестве Монако, знаменитого своим игорным домом.

Идея метода чрезвычайно проста и состоит она в следующем. Вместо того, чтобы описывать процесс с помощью аналитического аппарата (дифференциальных или алгебраических уравнений), производится «розыгрыш» случайного явления с помощью специально организованной процедуры, включающей в себя случайность и дающей случайный результат. В действительности конкретное осуществление случайного процесса складывается каждый раз по-иному; так же и в результате статистического моделирования мы получаем каждый раз новую, отличную от других реализацию исследуемого процесса. Что она может нам дать? Сама по себе ничего, так же как, скажем, один случай излечения больного с помощью какого-либо лекарства. Другое дело, если таких реализаций получено много. Это множество реализаций можно использовать как некий искусственно полученный статистический материал, который может быть обработан обычными методами математической статистики. После такой обработки могут быть получены любые интересующие нас характеристики: вероятности событий, математические ожидания и дисперсии случайных величин и т. д. При моделировании случайных явлений методом Монте-Карло мы пользуемся самой случайностью как аппаратом исследования, заставляем ее «работать на нас».

Нередко такой прием оказывается проще, чем по­пытки построить аналитическую модель. Для сложных операций, в которых участвует большое число элемен­тов (машин, людей, организаций, подсобных средств), в которых случайные факторы сложно переплетены, где процесс — явно немарковскпй, метод статистиче­ского моделирования, как правило, оказывается проще аналитического (а нередко бывает и единственно воз­можным).

В сущности, методом Монте-Карло может быть ре­шена любая вероятностная задача, но оправданным он становится только тогда, когда процедура розыгрыша проще, а не сложнее аналитического расчета. Приведем пример, когда метод Монте-Карло возможен, но край­не неразумен. Пусть, например, по какой-то цели производится три независимых выстрела, из которых каж­дый попадает в цель с вероятностью 1/2. Требуется найти вероятность хотя бы одного попадания. Элементарный расчет дает нам вероятность хотя бы одного попадания равной 1 — (1/2)3 = 7/8. Ту же задачу можно решить и «розыгрышем», статистическим моделированием. Вместо «трех выстрелов» будем бросать «три монеты», считая, скажем, герб—за попадание, решку — за «промах». Опытсчитается«удачным», если хотя бы на одной из монетвыпадет герб. Произведем очень-очень много опытов, подсчитаем общее количество «удач» и разделим на число N произведенных опытов. Таким образом, мы получим частоту события, а она при большом числе опытов близка к вероятности. Ну, что же? Применить такой прием мог бы разве человек, вовсе не знающий теории вероятностей, тем не менее, в принципе, он возможен.

Метод Монте-Карло- это численный метод решения математических задач при помощи моделирования случайных величин.

Рассмотрим простой пример иллюстрирующий метод (Приложение 1).

Пример 1. Предположим, что нам нужно вычислить площадь плоской фигуры S. Это может быть произвольная фигура с криволинейной границей,

заданная графически или аналитически, связная или состоящая из нескольких кусков. Пусть это будет фигура изображенная на рис. 1, и

предположим, что она вся расположена внутри единичного квадрата.

Выберем внутри квадрата N случайных точек. Обозначим через F число

точек, попавших при этом внутрь S. Геометрически очевидно, что площадь

S приближенно равна отношению F/N. Чем больше N, тем больше точность

этой оценки.

**Две особенности метода Монте-Карло.**

Первая особенность метода - простая структура вычислительного алгоритма.

Вторая осо­бенность метода - погрешность вычислений, как правило, пропорциональна D/N2, где D - неко­торая постоянная, N - число испытаний. Отсюда видно, что для того, чтобы уменьшить по­грешность в 10 раз (иначе говоря, чтобы получить в ответе еще один верный десятичный знак), нужно увеличить N (т. е. объем работы) в 100 раз.

Ясно, что добиться высокой точности таким путем невозможно. Поэтому обычно говорят, что метод Монте-Карло особенно эффективен при решении тех задач, в которых результат ну­жен с небольшой точностью (5-10%). Способ применения метода Монте-Карло по идее доволь­но прост. Чтобы получить искусственную случайную выборку из совокупности величин, опи­сываемой некоторой функцией распределения вероятностей, следует:

1. Построить график или таблицу интегральной функции распределения на основе ряда чи­сел, отражающего исследуемый процесс (а не на основе ряда случайных чисел), причем значе­ния случайной переменной процесса откладываются по оси абсцисс (х), а значения вероятности (от 0 до 1) - по оси ординат (у).

2.С помощью генератора случайных чисел выбрать случайное десятичное число в преде­лах от 0 до 1 (с требуемым числом разрядов).

3. Провести горизонтальную прямую от точки на оси ординат соответствующей выбран­ному случайному числу, до пересечения с кривой распределения вероятностей.

4.Опустить из этой точки пересечения перпендикуляр на ось абсцисс.

5.Записать полученное значение х. Далее оно принимается как выборочное значение.

б.Повторить шаги 2-5 для всех требуемых случайных переменных, следуя тому порядку, в котором они были записаны. Общий смысл легко понять с помощью простого примера: количе­ство звонков на телефонную станцию в течение 1 минуты соответствует следующему распреде­лению:

Кол - во звонков Вероятность Кумулятивная вероятность  
О 0,10 0,10

1 0,40 0,50

2 0,30 0,80

3 0,15 0,95

4 0,05 1,00

Предположим, что мы хотим провести мысленный эксперимент для пяти периодов времени.

Построим график распределения кумулятивной вероятности. С помощью генератора слу­чайных чисел получим пять чисел, каждое из которых используем для определения количества звонков в данном интервале времени.

Период времени Случайное число Количество звонков

1 0,09 О

2 0,54 2

3 0,42 1

4 0,86 3

5 0,23 1

Взяв еще несколько таких выборок, можно убедиться в том, что если используемые числа действительно распределены равномерно, то каждое из значений исследуемой величины будет появляться с такой же частотой, как ирреальном мире», и мы получим результаты, типичные для поведения исследуемой системы.

Вернемся к примеру. Для расчета нам нужно было выбирать случайные

точки в единичном квадрате. Как это сделать физически?

Представим такой эксперимент. Рис.1. (в увеличенном масштабе) с фигурой

S и квадратом повешен на стену в качестве мишени. Стрелок, находившийся

на некотором расстоянии от стены, стреляет N раз, целясь в центр квадрата.

Конечно, все пули не будут ложиться точно в центр: они пробьют на мишени N случайных точек. Можно ли по этим точкам оценить площадь S.

Результат такого опыта показан на рис. 2.(см. Приложение 2)

Ясно, что при высокой квалификации стрелка результат опыта будет очень плохим, так как почти все пули будут ложиться вблизи центра и попадут в S.

Нетрудно понять, что наш метод вычисления площади будет справедлив только тогда, когда случайные точки будут не просто «случайными», а еще и «равномерно разбросанными» по всему квадрату.

В задачах исследования операций метод Монте-Карло применяется в

трех основных ролях:

1. при моделировании сложных, комплексных операций, где

присутствует много взаимодействующих случайных факторов;

1. при проверке применимости более простых, аналитических

методов и выяснении условий их применимости;

1. в целях выработки поправок к аналитическим формулам типа

«эмпирических формул» в технике.

**Пример. Оценка геологических запасов.**

Для оценки величины извлекаемых запасов необходимо, прежде всего, определить вели­чину суммарных или геологических запасов.

**Анализ структурных ловушек.**

Для оценки содержания в структурной ловушке нефти и/или газа, поисковые и промысло­вые геологи и геофизики должны изучить характер структурной ловушки. Такое исследование необходимо для определения возможной величины геологических запасов. Область изменения запасов определяется комбинацией следующих оценочных показателей: объем осадочных по­род (RV), пористости (F), перовой водонасыщенности (*Sw*), эффективная мощность (NP) g.

**Определение вероятных значений параметра.**

На этом этапе геологи должны оценить значение вероятностей для параметров, исполь­зуемых при подсчете геологических запасов. Каждому параметру приписываются интерваль­ные значения вероятностей, исходя из экспертных оценок геологов..

**Анализ графиков вероятности.**

Графики, показанные на рис. 1,2,3,4,5 являются графиками накопленной вероятности. Не­прерывная кривая представляет вероятность того, что величина рассматриваемого параметра будет «равна или больше» чем величина в той точке горизонтальной оси, которая пересекается вертикальной линией, проектируемой от кривой, с перпендикуляром к вертикальной оси для любых значений от 0 до 100 %. Кривая построена по данным гистограмм, которые показаны как заштрихованные столбики. Гистограммы представляют собой экспертную оценку поиско­вых и промысловых геологов и геофизиков, которые обеспечивают информацию в следующей форме:

- по нашему мнению , вероятность того, что объем пород залежи находиться в интервале от 0 до 390 тыс. футов составляет 10%;

- по нашей оценке вероятность того, что объем пород равен от 380 до 550 куб. футов , составля­ет 15% и так далее.

Эти оценки геологов накапливаются, и в итоге получается обобщенная кривая вероятно­сти . На основании этой кривой можно экстраполировать значения ожидаемых вероятностей для изучаемых параметров.

**Подсчет геологических запасов.**

Объем геологических запасов вычисляется с помощью следующей формулы:

*RVxFx(l-Sw)x NPx —*, где *Fv -* коэффициент приведения нефти к поверхностным ус­ловиям.

**Использование средних величин для получения приблизительной оценки геологических запасов.**

При оценке приблизительного количества нефти в месторождении будем использовать следующие значения параметров:

- среднее значение объема пород составляет 1,35 млн. акрофутов (1 акрофут = 7760 бар­релей или около 1230 м3)

- средняя пористость - 17%

- средняя водонасыщенность - 20%

- средняя эффективная мощность - 75%

- коэффициент приведения - 1,02 (в пластовых условиях нет свободного газа). Теперь подставим эти значения в формулу

(1,35 х 1 0) х (1 7%) х (1 - 20%) х (75%) х ( ,т.е.:1350000x0,17x0,8x0,75x0,98) = 134946 акрофутов или 134946x7760 = 1047413760,

т. е. при­близительно 1,047 млрд. баррелей нефти (165 млн. м3, 141 млн.т).

**Более распространенный способ: метод Монте-Карло.**

Прежде всего, необходимо построить гистограммы и кривые накопленной вероятности для каждого параметра.

Для каждой из этих кривых случайным образом необходимо выбрать точку, соответст­вующую вероятности от 0 до 100 %. После этого надо подставить значение параметра, соответ­ствующее этой вероятности в уравнение. Затем можно подсчитать геологические запасы при этих значениях параметров и вычислить полную вероятность

Например , случайным образом выберем из рис 1,2,3,4-

- для 50%-ой накопленной вероятности имеем 25%-ю вероятность того, что объем пород соста­вит 690000 акрофутов

- для 20%-ой накопленной вероятности имеем 35%-ю вероятность того, что пористость соста­вит 21%

- для 25%-ой накопленной вероятности имеем 25%-ю вероятность того, что водосодержание равно 33%

- 80%-я накопленная вероятность показывает 32%-ю вероятность того, что эффективная мощ­ность составит 74%.

- коэффициент приведения нефти к поверхностным условиям принимаем равным 1,02.

Используя эти значения, вычислим геологические запасы:

(0,69 х 1 0) х (2 1 %) х (l - 33%) х (74%) х —— решив, получим приблизительно :

521 млн. баррелей нефти (82 млн.м3, 70 млн.т ). Результат этого вычисления значительно мень­ше, чем при использовании средних значений параметров. Нам нужно узнать вероятность этого результата. Для определения вероятности того, что геологические запасы составят 521 млн. баррелей нефти, вычислим полную вероятность:

0,25 х 0,35 х 0,20 х 0,35 х 1,0 = 0,006125 ,т.е. вероятность равна 0.6125% - не очень хорошая!

Эта процедура повторяется многократно, для чего мы использовали программу, состав­ленную для ЭВМ. Это дает нам разумное вероятностное распределение геологических запасов. В результате выполнения программы прогнозировали объем геологических запасов нефти: наиболее вероятно, что объем нефти составит 84658 акрофутов или около 88,5 млн.тонн.

**Использование распределения накопленной вероятности.**

На следующем этапе , используя график, необходимо выбрать несколько оценок вместе с их вероятностями. Для каждого из этих значений вычисляются: динамика добычи, варианты проекта разработки. Эти расчеты могут затем использоваться для оценки капитальных эксплуатационных затрат для каждого значения запасов, выбранных из графика. Затем для каждого значения запасов анализируются экономические показатели. По прошествии некоторого време­ни, и после того, как будет пробурено некоторое количество скважин, рассчитывается коэффи­циент успешности по формуле.

## ***Коэффициент успешности = кол-во скважин давш. нефть\ кол-во пробур. скважин***

За период в течение нескольких лет составляется график вероятности достижения успеха. Например, для условной площади, график коэффициента успешности составлен по прошествии девяти лет эксплуатации. Через соответствующие значения успешности проводятся условные линии, затем через их центры проводится огибающая кривая. Крайние точки этих линий соот­ветствует максимальному уровню успешности, а центральная кривая соответствует наиболее вероятному уровню достижения успеха Значения вероятностей определяется на основе субъек­тивных суждений промысловых геологов.

Аналогично определяется уровень запасов на одну скважину. С помощью коэффициента успешности и средних запасов на одну скважину оценивается вероятность достижения опреде­ленного уровня запасов, необходимая для составления программы бурения и определения ко­личества необходимых скважин.

**Вывод.**

Основным недостатком аналитических моделей является то, что они неизбежно требуют каких-то допущений, в частности, о «марковости» процесса. Приемлемость этих допущений далеко не всегда может быть оценена без контрольных расчетов, а производят­ся они методом Монте-Карло. Образно говоря, метод Монте-Карло в задачах исследования операций играет роль своеобразного ОТК. Статистические модели не требуют серьезных допущений и упрощений. В прин­ципе, в статистическую модель «лезет» что угодно — любые законы распределения, любая сложность системы, множественность ее состояний. Главный же недостаток статистических моделей — их громоздкость и трудоем­кость. Огромное число реализации, необходимое для нахождения искомых параметров с приемлемой точ­ностью, требует большого расхода машинного време­ни. Кроме того, результаты статистического моделиро­вания гораздо труднее осмыслить, чем расчеты по аналитическим моделям, и соответственно труднее оп­тимизировать решение (его приходится «нащупывать» вслепую). Правильное сочетание аналитических и ста­тистических методов в исследовании операций — дело искусства, чутья и опыта исследователя. Нередко ана­литическими методами удается описать какие-то «под­системы», выделяемые в большой системе, а затем из таких моделей, как из «кирпичиков», строить здание большой, сложной модели.

**Список используемой литературы:**

1. Вентцель Е.С. «Исследование операций», Москва «Советское радио»

1972 г.

1. Соболь И.М. «Метод Монте-Карло», Москва «Наука»,1985 г.
2. «Экономико-математические методы и прикладные модели»,

под ред. Федосеева В.В. , Москва «Юнити» 2001 г.