**Лекция №11**

**Имитационные модели информационных систем**

**Методологические основы применения метода имитационного моделирования**

Приведем классическое вербальное определение имитационного моделирования и проведем его краткий анализ.

По Р. Шеннону (Robert E. Shannon — профессор университета в Хантсвилле, штат Алабама, США) *"имитационное моделирование – есть процесс конструирования на ЭВМ модели сложной реальной системы, функционирующей во времени, и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить различные стратегии, обеспечивающие функционирование данной системы"*.

Выделим в этом определении ряд важнейших обстоятельств, учитывая особенности применения метода для исследования информационных систем (ИС).

Во-первых, *имитационное моделирование предполагает два этапа: конструирование модели*на ЭВМ и *проведение экспериментов*с этой моделью. Каждый из этих этапов предусматривает использование собственных методов. Так, на первом этапе весьма важно грамотно провести информационное обследование, разработку всех видов документации и их реализацию. Второй этап должен предполагать использование методов планирования эксперимента с учетом особенностей машинной имитации.

Во-вторых, в полном соответствии с системными принципами четко *выделены две возможные цели имитационных экспериментов*:

·либо *понять поведение исследуемой системы*(о которой по каким-либо причинам было "мало" информации) — потребность в этом часто возникает, например, при создании принципиально новых образцов продукции;

·либо *оценить возможные стратегии управления системой,*что также очень характерно для решения широкого круга экономико-прикладных задач.

В-третьих, с помощью имитационного моделирования *исследуют сложные системы.*Понятие "сложность" является субъективным и по сути выражает отношение исследователя к объекту моделирования. Укажем *пять признаков "сложности" системы,*по которым можно судить о ее принадлежности к такому классу систем:

·наличие *большого*количества взаимосвязанных и взаимодействующих элементов;

·*сложность*функции (функций), выполняемой системой;

·*возможность*разбиения системы на подсистемы (декомпозиции);

·наличие управления (часто имеющего иерархическую структуру), *разветвленной*информационной сети и *интенсивных*потоков информации;

·наличие взаимодействия с внешней средой и функционирование в условиях воздействия случайных (неопределенных) факторов.

Очевидно, что некоторые приведенные признаки сами предполагают субъективные суждения. Вместе с тем становится понятным, почему значительное число ИС относят к сложным системам и, следовательно, применяют метод имитационного моделирования.

В-четвертых, методом имитационного моделирования *исследуют системы, функционирующие во времени,*что определяет необходимость создания и использования специальных *методов (механизмов) управления системным временем*.

Наконец, в-пятых, в определении прямо указывается на *необходимость использования ЭВМ для реализации имитационных моделей,*т.е. проведения машинного эксперимента (машинной имитации), причем в подавляющем большинстве случаев применяются цифровые машины.

Даже столь краткий анализ позволяет сформулировать вывод о целесообразности (а, следовательно, и необходимости) использования метода имитационного моделирования для исследования сложных человекомашинных (эргатических) информационных систем. Особо выделим наиболее характерные обстоятельства применения имитационных моделей:

·если идет *процесс познания объекта моделирования*;

·если аналитические методы исследования имеются, но составляющие их *математические процедуры очень сложны и трудоемки*;

·если *необходимо осуществить наблюдение за поведением компонент системы*в течение определенного времени;

·если *необходимо контролировать протекание процессов в системе путем замедления или ускорения явлений*в ходе имитации;

·если *особое значение имеет последовательность событий в проектируемых системах*и модель используется для предсказания так называемых "узких" мест;

·при *подготовке специалистов*для приобретения необходимых навыков в эксплуатации новой техники;

·и, конечно, если *имитационное моделирование оказывается единственным способом исследований*из-за невозможности проведения реальных экспериментов.

До настоящего момента особое внимание в толковании термина "имитационное моделирование системы" было уделено первому слову. Однако не следует упускать из вида, что создание любой (в том числе и имитационной) модели предполагает, что она будет отражать лишь наиболее существенные с точки зрения конкретной решаемой задачи свойства объекта-оригинала.

Английский аналог этого термина — *systems simulation*— при дословном переводе непосредственно указывает на необходимость воспроизводства (симуляции) лишь основных черт реального явления (сравним с термином "симуляция симптомов болезни" из медицинской практики). Важно отметить еще один аспект: создание любой (в том числе и имитационной модели) есть процесс творческий (не случайно Р. Шеннон назвал свою книгу "Имитационное моделирование систем — искусство и наука"), и, вообще, каждый автор имеет право на собственную версию модели реальной системы. Однако за достаточно длительное время применения метода накоплены определенный опыт и признанные разумными рекомендации, которыми целесообразно руководствоваться при организации имитационных экспериментов.

Укажем ряд *основных достоинств и недостатков*метода имитационного моделирования. Основные *достоинства*:

·имитационная модель позволяет, в принципе, описать моделируемый процесс с *большей адекватностью,*чем другие;

·имитационная модель обладает *гибкостью варьирования*структуры, *алгоритмов и параметров*системы;

·применение ЭВМ *существенно сокращает продолжительность испытаний*по сравнению с натурным экспериментом (если он возможен), а также их стоимость.

Основные *недостатки*:

·*решение,*полученное на имитационной модели, *всегда носит частный характер,*так как оно соответствует фиксированным элементам структуры, алгоритмам поведения и значениям параметров системы;

·*большие трудозатраты*на создание модели и проведение экспериментов, а также обработку их результатов;

·если использование системы предполагает участие людей при проведении машинного эксперимента, на результаты может оказать влияние так называемых *хауторнский эффект*(заключающийся в том, что люди, зная (чувствуя), что за ними наблюдают, могут изменить свое обычное поведение).

Итак, само использование термина "имитационное моделирование" предполагает работу с такими математическими моделями, с помощью которых *результат исследуемой операции нельзя заранее вычислить или предсказать, поэтому необходим эксперимент (имитация) на модели при заданных исходных данных.*В свою очередь, *сущность машинной имитации заключается в реализации численного метода проведения на ЭВМ экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение сложной системы в течение заданного или формируемого периода времени*.

Каждая имитационная модель представляет собой комбинацию шести основных составляющих:

·*компонентов*;

·*переменных*;

·*параметров*;

·*функциональных зависимостей*;

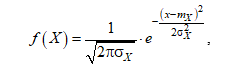
·*ограничений*;

·*целевых функций*.

Под *компонентами*понимают *составные части,*которые при соответствующем объединении образуют систему. Компоненты называют также *элементами системы или*ее *подсистемами.*Например, в модели рынка ценных бумаг компонентами могут выступать отделы коммерческого банка (кредитный, операционный и т.д.), ценные бумаги и их виды, доходы, котировка и т.п.

*Параметры*— это *величины,*которые исследователь (пользователь модели) *может выбирать произвольно, т*.*е*.*управлять ими*.

В отличие от них *переменные*могут принимать только значения, определяемые *видом данной функции.*Так, в выражении для плотности вероятности нормально распределен­ной случайной величины *X*:



где x – переменная; http://mirea.kremlina.ru/uploads/posts/2017-12/1512415402_1.png – параметры (математическое ожидание и стандартное отклонение соответственно); http://mirea.kremlina.ru/uploads/posts/2017-12/1512415480_1.png — константы.

Различают *экзогенные*(являющиеся для модели *входными и*порождаемые *вне системы) и эндогенные*(возникающие *в системе*в результате воздействия внутренних причин) переменные. Эндогенные переменные иногда называют *переменными состояния.*

*Функциональные зависимости*описывают *поведение параметров и переменных*в пределах компонента или же выражают *соотношения между компонентами системы.*Эти соотношения могут быть либо *детерминированными,*либо *стохастическими.*

*Ограничения*— устанавливаемые *пределы изменения значений переменных или ограничивающие условия*их изменения. Они могут вводиться разработчиком (и тогда их называют *искусственными) или*определяться самой системой вследствие присущих ей свойств (так называемые *естественные*ограничения).

Целевая функция предназначена для измерения степени достижения системой желаемой (требуемой) цели и вынесения оценочного суждения по результатам моделирования. Эту функцию также называют функцией критерия. По сути, весь машинный эксперимент с имитационной моделью заключается в поиске таких стратегий управления системой, которые удовлетворяли бы одной из трех концепций ее рационального поведения: *оптимизации, пригодности или адаптивизации*. Если показатель эффективности системы является скалярным, проблем с формированием критерия не возникает и, как правило, решается *оптимизационная задача*— по иска стратегии, соответствующей максимуму или минимуму показателя. Сложнее дело обстоит, если приходится использовать векторный показатель. В этом случае для вынесения оценочного суждения используются методы принятия решений по векторному показателю в условиях определенности (когда в модели учитываются только детерминированные факторы) или неопределенности (в противном случае).

При реализации имитационной модели, как правило, рассматриваются *не все*реально осуществляемые функциональные действия (ФД) системы, а только те из них, которые являются *наиболее существенными для исследуемой операции.*Кроме того, *реальные ФД аппроксимируются упрощенными действиями*ФД*'*причем степень этих упрощений определяется уровнем детализации учитываемых в модели факторов. Названные обстоятельства порождают *ошибки имитации*процесса функционирования реальной системы, что, в свою очередь, обусловливает *адекватность модели*объекту-оригиналу и *достоверность*получаемых в ходе моделирования *результатов.*

На рис. 1 схематично представлен пример выполнения некоторых ФД в -м компоненте реальной системы и ФД*'* в -м компоненте ее модели.

В -м компоненте реальной системы последовательно выполняются , , ,… за времена , , ,…, соответственно. На рисунке эти действия условно изображены пунктирными ("непрямыми") стрелками. В результате ФД наступают соответствующие события: , , ,… В модели последовательность имитации иная: выполняется при *неизменном времени,*наступает модельное событие *а, после чего время сдвигается на величину*, инициируя наступление события и т.д. Иными словами, модельной реализации упрощенных ФД (ФД*'*) соответствует ломаная . Отметим, что в принципе возможен и другой порядок моделирования: сначала сдвигать время, а затем инициировать наступление соответствующего события.

Очевидно, что в реальной системе в различных ее компонентах могут *одновременно (параллельно) производиться функциональные действия*и, соответственно, наступать события. В большинстве же современных ЭВМ в каждый из моментов времени можно отрабатывать *лишь один алгоритм какого-либо ФД.*Возникает вопрос: каким образом учесть параллельность протекания процессов в реальной системе без потери существенной информации о ней?

*Для обеспечения имитации наступления параллельных событий в реальной системе вводят специальную глобальную переменную , которую называют модельным (системным) временем.*Именно с *помощью этой переменной организуется синхронизация наступления всех событий в модели ИС и выполнение алгоритмов функционирования ее компонент. Принцип такой организации моделирования называется принципом квазипараллелизма*.

Таким образом, при реализации имитационных моделей используют три представления времени:

· *реальное*время системы;

· *модельное (системное)*время;

· *машинное*время имитации.