

Процесс визуализации имитационного моделирования

В. К. Лободинский

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финуниверситет), Financial University
lobodinsky@yandex.ru

Аннотация. Методика имитационного моделирования - заключается в том, что ход работы сложной системы будет представлен в форме определенного алгоритма, т.е. логических действий, они и осуществляются на ПК. По итогам осуществления могут быть произведены те либо иные выводы касательно исходного процесса. Так, в имитационном моделировании используется не только логика, но и целый аппарат области численного моделирования без изъятия, поскольку имитационное моделирование – это не параллельный с численным моделированием метод.

Ключевые слова: имитация; визуализация; анализ; данные; модель; подход; исследование

Все изученные до сих пор модели обладали очень важными общими чертами. Для любой моделируемой ситуации была определена цель (либо сразу несколько целей), достижение которых было желательным. Правда, крайне не все ситуации являются таковыми. Особенно, ими изобилует нынешний этап прикладных изысканий, когда необходимо иметь дело с трудными системами, в них не только имеется большое число определенных функций, но далеко выявлены не все количественные выражения данных функций. Тут речь может пойти не столько о разрешении тех либо иных оптимизационных задач, сколько об анализе сложных систем, а также о прогнозе их будущего состояния в зависимости от выбираемых стратегий области управления.

Так, в последнее время, практика настоятельно стала требовать метод для анализа сложных систем, и он возник. Данный метод приобрел название «имитационное моделирование», он представляет из себя дословный перевод известного в определенных кругах выражения «Simulation modeling». Как легко убедиться, в данном термине имеется тавтология, по факту «имитационная имитация». Правда, понятие «имитационное моделирование» так обширно уже распространилось, что, хоть оно и неудачно, является маловероятным, что оно претерпит изменения. Далее постараемся глубже осознать, что стоит за данным понятием.

I. ОБЩИЕ СВОЙСТВА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Перед тем, как переходить к описанию методики имитационного моделирования, постараемся в целом резюмировать главные принципы, которые лежат в основании формирования физико-математических и

абстрактно-математических моделей, плюсы и минусы численного моделирования.

Стоит начать с двух замечаний общего порядка. Любая сложная система, модель которой мы формируем, при собственном функционировании обязана подчиняться конкретным законам – химическим, физическим, биологическим и пр. При этом, вполне вероятно, и это крайне важно заметить, что далеко не все данные законы на данный момент уже знакомы. В будущем будут анализироваться такие системы, для них знание законов подразумевает известными количественные соотношения, они связывают те или другие особенности моделируемой системы.

Любая модель формируется для конкретной цели – для ответа на определенное число вопросов о создаваемом объекте. Другими словами, интересуясь определенным количеством вопросов касательно работающей системы, необходимо посмотреть на нее под крайне определенным «углом, зрения». Определенный «угол зрения» в существенной степени и устанавливает выбор модели.

После данных общих замечаний стоит перейти к описанию самого хода создания численно-математических моделей сложной системы.

Данный процесс можно представить определенным образом:

Стадия численного (то есть математического) моделирования – это выстроенная и точная последовательность действий:

Создаются главные вопросы о характере системы, ответы на которые необходимо будет получить при помощи модели.

Из большого числа законов, которые управляют поведением системы, берутся в учет те, воздействие которых значительно при поиске ответов на определенные вопросы.

В дополнение к данным законам, если это нужно, для общей системы или определенных ее частей разрабатываются некоторые гипотезы о работе. Зачастую, данные гипотезы крайне правдоподобны в том смысле, что они могут приводиться в качестве некоторых теоретических доводов в пользу их использования. Гипотезы, как и законы, будут выражаться в виде конкретных математических соотношений, они

объединяются в определенные формально-математические описания моделей. На этом и заканчивается процесс формирования численно-математической модели. Далее будет следовать процесс анализа данных соотношений при помощи аналитических либо вычислительных методик, он приводит, в итоге, к нахождению ответов на задаваемые модели вопросы. Если же модель является оптимальной, то ответы, обнаруженные с ее помощью, часто, бывают крайне близкими к ответам на эти же вопросы о самой системе. Кроме того, в таком случае часто при помощи модели можно ответить и на определенные, ранее не задававшиеся вопросы, увеличить круг суждений о реальной системе. Если же модель является плохой, то есть в недостаточной степени адекватной, то она будет подлежать дальнейшему совершенствованию либо замене. Параметры адекватности определяет практика, которая и устанавливает, когда может завершиться процесс совершенствования модели. Нет нужды говорить о том, что данный параметр не формализован и в любом конкретном случае станет требовать специального анализа.

В чем же заключены плюсы и минусы этого метода? Бесспорно, к плюсам следует причислить тот аспект, что модель представляет из себя формализованную запись тех либо других законов природы, они и управляют работой системы, а также некоторых гипотез, правдоподобность которых может стать предметом определенного анализа. Имеется большое изящество в правильном математическом выводе содержательных доводов об объекте, если вывод данный был сделан из крайне ограниченного количества формализованных абсолютных утверждений. Именно подобным изяществом будут обладать теоремы евклидовой геометрии, а также модели области теоретической механики и некоторые иные, которые стали уже классическими. Правда, не взирая на всю привлекательность, описанная методика в использовании к изучаемым в данное время сложным системам будет иметь определенные минусы, к перечислению которых стоит перейти. В первую очередь, определенные сложности могут появиться при желании создать численную модель крайне сложной системы, они содержат множество связей между элементами, многообразные нелинейные ограничения, огромное количество факторов и т. д. Вернее, вынести соотношения модели получается и в таком случае, когда отсутствие в данное время математического аппарата, который пригоден для анализа, делает ее совсем бесполезной. Стоит также отметить, что для создаваемой системы еще не создана стройная теория, которая бы объясняла все особенности ее функционирования, в результате чего, сложно будет формулировать те либо другие правдоподобные гипотезы. После чего, реальные системы очень часто подвержены воздействию разных случайных аспектов. Учет данных факторов аналитическим путем доставляет довольно большие трудности, часто неодолимые при большом их количестве. В конце концов, вероятность сопоставления модели и подлинника при подобном подходе имеется только вначале и после использования соответствующего математического аппарата, поскольку итоги промежуточных расчетов могут даже не иметь соответственных аналогов в настоящей

системе. Подобное обстоятельство сильно усложняет верификацию модели.

Все вышеперечисленные сложности, особенно две первые, которые систематично возникают при анализе сложных систем методиками численного анализа, принудили искать и найти наиболее гибкую методику моделирования – то есть имитационное моделирование, оно использует нечисловые, а также логические инструменты. В основе данного метода будет лежать вполне четкое желание – предельно применить все имеющиеся в распоряжении специалиста сведения о системе для того, чтобы получить вероятность одолеть аналитические сложности и отыскать ответ на определённые вопросы о поведении данной системы. Весь спектр приложений имитационного моделирования устанавливается, с одной стороны, особенностями изучаемого объекта – это обязана быть сложная система. Ее трудность заключена в разбиении поля процесса моделирования на дискретные домены, математика которых может в целом отличаться от одного домена к домену. С иной стороны, данный круг устанавливается спецификой интересующих аспектов о данном объекте. Если вопросы будут относиться не к определению фундаментальных законов и оснований, устанавливающих динамику настоящей системы, а к исследованию поведения данной системы, зачастую, осуществляемому в сугубо практических целях, то его использование более чем является уместным. Проследим по стадиям, как осуществляется данный новый метод с тем, чтобы получить понять разницу его от вышеописанного классического моделирования.

Стадии имитационного моделирования имеет следующую последовательность действий:

Как и до этого, создаются основные вопросы в поведении назначенной системы, ответы на них мы и хотим получить в будущем. Большое число этих вопросов разрешает задать массу параметров, они характеризуют состояние системы – то есть вектор состояния.

Реализовывается декомпозиция системы на наиболее легкие части – то есть блоки-домены. В один домен соединяются «родственные», то есть объединяющиеся по близким либо одинаковым правилам, факторы вектора состояния и процессы, их реорганизовывающие.

Разрабатываются законы и «правдоподобные» гипотезы касательно поведения как данной системы, так и определенных ее частей. При этом крайне важно заметить, что в любом домене для его анализа часто используется собственный математический аппарат, более удобный для соответственного домена. Собственно, доменный принцип будет давать возможность при формировании имитационной модели определять необходимые параметры между точностью анализа каждого блока-домена, а также обеспеченностью его сведениями и необходимостью в достижении цели процесса моделирования.

В зависимости от определённых перед специалистом вопросов внедряется так нарекаемое системное время,

моделирующее процесс времени в настоящей системе. Хотя это не является физическим временем и, оно также не является математически обратимым, а будет истинно однонаправленным необратимым временем, на нем может быть осуществлен принцип причинности. Формализованным образом разрабатываются все нужные феноменологические свойства данной системы и определённых ее частей. Часто данные в целом не могут обосновываться при нынешнем уровне знаний, а могут опираться на продолжительное слежение над системой. Порой, с точки зрения приобретения ответов на интересующие специалистов вопросы, одно феноменологическое свойство будет эквивалентным большому числу трудных математических соотношений и благополучно их сменяет. Случайным особенностям, которые фигурируют в модели, будут сопоставляться определённые их реализации, они хранятся в течение одного либо нескольких тактов системного (или модельного) времени. После чего будут отыскиваться новые реализации. Так как реализация пятого и шестого из вышеперечисленных стадий более просто на ПК, то под имитационной моделью часто следует понимать целый комплекс программ для ПК, он описывает функционирование определённых блоков правил и системы их взаимодействия. Применение реализаций случайных величин будет делать необходимым многократную реализацию экспериментов с имитационными системами и будущий статистический анализ приобретенных результатов.

Нельзя не отметить и вот что. Как правило, в данное время понятие «математическая модель» стало практически синонимом популярного выражения: «Сезам, откройся». Формируется модели самых разных систем, явлений и процессов. Если траектории математических моделей хотя бы издавна похожи на траекторию настоящей системы, то у некоторых крайне искушенных в области математики специалистов появляется желание немедленно применить модель с практической целью. Крайне важно из-за этого, чтобы модель количественно и качественно приближена к настоящей системе. При довольно глубоком знании о поведении настоящей системы и верном представлении феноменологических сведений в модели имитационные системы будут отличаться, в целом, большей приближенностью к реальной системе, нежели математические модели. В существенной степени подобная близость будет объясняться тем, что блочный принцип формирования имитационной модели будет давать вероятность верифицировать любой блок до его внедрения в общую модель, а также при помощи того, что она может подключать зависимости наиболее сложного характера, которые не описываются обычными математическими соотношениями.

Функционирование данной модели на ПК представляет из себя «вычислительный эксперимент», реализовываемый на ПК, в целом, сходный с физическим экспериментом, хотя и не будет являться истинным физическим экспериментом из-за того, что функционирование модели – это работа не истинной физической системы, а условно-

воображаемой, т.е. это лишь подражание физической системе, которая зачастую не отвечает реальности. В процессе вычислительного эксперимента будут варьироваться экзогенные переменные, особенности модели, улучшается ее структура, разработанные гипотезы о поведении определенных частей системы. Из-за такой специфики работы имитационная система часто будет давать ответы на вопросы только в статистическом смысле, это стоит признать неотвратимым при работе с такой системой и наиболее соответственным сути дела. Все перечисленные плюсы имитационного моделирования в целом определяют и его минусы. Часто, создать имитационную систему будет дольше, сложнее и дороже, нежели математическую модель. Может, разумеется, появиться вопрос: а не замещают ли имитационное моделирование методики оптимизации? Ответ безукоризненно очевиден: нет, не замещает, но довольно удачно дополняет. Объясним, как реализуется данный синтез.

Было уже отмечено, что данную модель можно представить, как некоторую программу, осуществляющую определенный логический алгоритм на ПК. На определенных тактах его функционирования применяются параметры, выбираемые человеком, так называемые управляющие влияния. Выбор управляющих влияний реализовывается из определенного множества и часто имеет параметр качества данного выбора, то есть функцию, которую стоит оптимизировать. Так, перед тем как внедрять управляющие влияния в имитационную модель, разрешается оптимизационная задача по их поиску, и только после этого обнаруженные оптимизационные значения внедряются в данную модель. В таком случае имитация разрешает моделировать некий отклик системы на приемлемые в какой-то сущности управления ею.

Быть может, что есть и иная связь между имитацией и оптимизацией. Если множество управляющих влияний не очень богато, то они с определенной степенью точности могут использоваться в имитационной системе. При помощи механизма принятия решений, который входит в состав имитационного метода, итоги его работы позволяют реализовать оценку управляющих воздействий – то есть отбросить заведомо неподходящие, а также упорядочить их по качеству и т.д. Тут имитационная система будет выступать в качестве тест-лаборатории, в ней исследуются определенные технологии – доля их бракуется, другая доля остается для будущего использования.

II. СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Как уже было определено, имитационным моделированием будет являться один из более результативных методов анализа сложных систем разной природы. Этот метод разрешает учитывать при формировании модели большое число разных факторов, их, порой нельзя совмещать в аналитической модели. При подобном моделировании нет нужды в переходе к общей шкале для всех аспектов, как того потребует аналитическая модель. Также здесь можно заметить

вероятность построения моделей с некоторыми критериями, они также могут мериться в различных шкалах. Правда, более важной особенностью процесса моделирования будет возможность анализа всех процессов, которые протекают во времени, беря в учет случайные неконтролируемые факторы. Трудными динамическими стохастическими системами будут производственные, экономические, социальные, биологические и иные процессы, так, можно охарактеризовать область применимости этих моделей как универсальную.

В данное время имеется огромное множество визуальных средств в процессе моделирования. Здесь нецелесообразно анализировать пакеты, которые ориентированы под узкие прикладные области (например, электромеханика или электроника и т.д.), потому что, как уже было отмечено выше, элементы данных систем относятся, зачастую, к разным прикладным сферам. Среди иных универсальных пакетов (которые ориентированы на конкретную математическую модель), не стоит обращать свое внимание на пакеты, которые заточены под математические модели, и будут отличны от простой динамической системы, а также на конкретные непрерывные и дискретные. Так, предметом анализа будут являться универсальные пакеты, которые разрешают моделировать структурно-сложные гибридные системы.

Так, пакеты визуализации имитационного моделирования можно поделить на 3 группы:

1. пакеты «физического моделирования»;
2. пакеты «блочного моделирования»;
3. пакеты, которые ориентированы на схему гибридного автомата.

Это разделение будет являться условным в первую очередь из-за того, что все данные пакеты будут иметь много общего: разрешают создавать многоуровневые иерархические функциональные схемы, а также поддерживать в той либо иной степени технологии ООМ, дают сходные возможности анимации и визуализации. Различия определены тем, какой из факторов сложной системы посчитан более важным.

Пакеты «блочного моделирования» ориентируются на графический язык иерархических блок-схем. Элементарные блоки – это или predetermined, или могут конструироваться при помощи определенного особого вспомогательного языка наиболее низкого уровня. Новый блок можно создать из уже имеющихся блоков с применением ориентированных взаимосвязей и параметрических настроек. В список predetermined элементарных блоков будут входить непрерывные, а также гибридные и дискретные блоки. К плюсам данного подхода стоит отнести, в первую очередь, чрезвычайную простоту формирования не очень трудных моделей даже не совсем подготовленным пользователем. Иным достоинством будет являться результативность осуществления элементарных блоков и бесхитростность

формирования эквивалентной системы. Кроме того, время при формировании сложных моделей приходится выстраивать и планировать крайне громоздкие многоуровневые блок-схемы, они не отражают естественной структуры моделируемой системы. Иными словами, данный подход функционирует хорошо, когда имеются подходящие стандартные блоки.

Имитационное моделирование – это один из более результативных методов анализа сложных систем разной природы. Этот метод разрешает учитывать при формировании модели большое число разных факторов, их, порой нельзя совмещать в аналитической модели. При подобном моделировании нет нужды в переходе к общей шкале для всех аспектов, как того потребует аналитическая модель. Также здесь можно заметить вероятность построения моделей с некоторыми критериями, они также могут мериться в различных шкалах. Правда, более важной особенностью процесса моделирования будет возможность анализа всех процессов, которые протекают во времени, беря в учет случайные неконтролируемые факторы. Трудными динамическими стохастическими системами будут производственные, экономические, социальные, биологические и иные процессы, так, можно охарактеризовать область применимости этих моделей как универсальную. Формирование имитационных моделей существенным образом содействовало улучшение компьютерной техники, поскольку эти модели, в соответствии с собственной сущностью, обладают существенной вычислительной трудностью. Нынешние программные среды имитационного моделирования будут иметь, зачастую, дружественный интерфейс пользователя и имеют свойство функциональной и вычислительной полноты, это дает довольно обширные возможности для анализа стохастических процессов. Примером подобных программных систем будут являться, как же было указано ранее, AnyLogic, Arena, IThink и иные.

Научный руководитель статьи от Финансового университета при Правительстве РФ доц. каф. «Системный анализ в экономике» Звягин Л.С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Ануфриева А.П. Молчан А.С. Система потенциалов устойчивого развития и экономической безопасности социально-экономических систем. // Экономика устойчивого развития. 2015. №2. С. 55-63
- [2] Звягин Л.С. Использование и актуальность имитационного моделирования в аналитических целях// Экономика и управление: проблемы, решения. 2015. Т. 5. № 12. С. 79-87.
- [3] Звягин Л.С. Стратегический анализ и моделирование инвестиционной деятельности предприятий// В книге: Стратегическое планирование и развитие предприятий Материалы Семнадцатого всероссийского симпозиума / Под редакцией Г.Б. Клейнера. 2016. С. 41-44.
- [4] Кравченко, Т.К. Экспертная система принятия решений/ Т.К. Кравченко, Г.И. Перминов. М.: ГУ-ВШЭ, 1999. 241 с.
- [5] Zvyagin L.S. The new economic reality and risk in development of innovative entrepreneurship// В сборнике: 2015 4th Forum Strategic Partnership of Universities and Enterprises of Hi-Tech Branches (Science. Education. Innovation) 4. 2015. С. 39-41.