

Имитационное моделирование в глобальных экономических системах

А. Д. Мусаева

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финуниверситет), Financial University
beautiful-muss@mail.ru

Аннотация. Важное место в экономических исследованиях занимают имитационные модели. Так, например, имитационная модель кроме компьютерных решений может включать блоки, в которых решения принимает эксперт. Следовательно, в принятии решений вместо участия эксперта может использоваться база знаний. В этом случае экспертную систему образуют соответствующим образом запрограммированный компьютер, база данных и база знаний. Такая имитационная экспертная система может применяться для решения некоторых задач методом имитационного моделирования действий эксперта в заданной области – человека.

Ключевые слова: экономика; имитационное моделирование; система; методы; модель; подход; менеджмент; исследование

В работах по экономике можно встретить множество упоминаний и ссылок на различные модели. Например, балансовые, эконометрические, оптимизационные и др. модели. Для балансовых моделей требуется соответствие между имеющимися ресурсами и их использованием.

В эконометрических моделях используются методы математической статистики. Чаще всего используются эконометрические модели, в виде регрессионных уравнений, иногда – корреляционных или их систем. Эконометрические модели используются для анализа и предсказания экономических процессов с использованием эмпирической информации, полученной из статистики.

Оптимизационные модели применяются для нахождения из большого количества возможных вариантов наилучший вариант работы сложной системы, реального производства, распределения или потребления.

Еще вид моделей – сетевые, которые наиболее широко применяются в управлении проектами. Сетевая модель моделирует комплекс активностей или операций, а также событий с учетом их временной взаимосвязи

Или, например, модели систем массового обслуживания, которые создаются для уменьшения затрат времени на ожидание в очереди и минимизации простоев систем обслуживания.

Метод исследования, основанный на разработке и использовании моделей для исследования реальных объектов, называется моделированием. Необходимость применения метода моделирования в исследованиях обусловлена сложностью, а иногда и невозможностью

непосредственного изучения реальных процессов, объектов или сложных систем.

Прежде всего, надо разобраться с понятием «моделирование». Моделирование существует как один из важных методов познания, его можно назвать формой отражения действительности. Метод познания – моделирование заключается в воспроизведении тех или иных свойств, присущим реальным объектам или явлениям с помощью других объектов, процессов, явлений, называемых моделями. Исходный, реальный объект, в отличие от модели, называют еще оригиналом или натурой. Другими словами, моделирование – метод исследования реальных натуральных объектов посредством специально созданных объектов, называемых моделями [1–3].

Процесс моделирования завершается переносом на оригинальный объект результатов, полученных благодаря эксперименту на модели. Этот перенос результатов должен быть основан на том, что модель в значительной мере отображает, моделирует, или имитирует некоторые интересные исследователя свойства реального объекта.

Методы моделирования делятся, исходя из методологии подхода, на три следующих вида [3]:

1. Мысленное, или идеально-теоретическое.
2. Мысленное аналитическое, использующее какую-либо аппаратуру (ЭВМ и др.) для получения результатов.
3. Материальное, или реально-практическое.

Причем основными видами следует считать I и III виды, а II вид – промежуточный между I и III.

К мысленному моделированию относятся подвиды:

- наглядное;
- символическое знаковое
- математическое мысленное.

Как пример, можно привести принятое в литературе название «концептуальная модель», которое относится к мысленному моделированию вообще и, в частности, может быть отнесена к любому из перечисленных подвидов. К мысленным моделям относятся также системы знаков, схемы, чертежи, алгоритмы и др.

Что же касается материального моделирования, оно реализуется в реальных, материальных стендах, приборах или компьютерах, заранее запрограммированных для решения конкретной задачи. Соответственно, виды материального моделирования такие:

- натурное;
- физическое;
- аналоговое;
- цифровое.

Тема данной работы соответствует последнему подвиду материального моделирования, цифрового. Цифровое моделирование реализуется на цифровых вычислительных машинах, в отличие от аналогового, выполняемого на аналоговых вычислительных устройствах. Собственно говоря, именно цифровое моделирование в настоящее время принято именовать компьютерным моделированием.

Причем к компьютерному моделированию теперь чаще относят и элементы мысленного моделирования: условный образ объекта или системы объектов, описанный с помощью таблиц, схем, диаграмм, графиков, рисунков, и так далее и отображающий структуру элементов объекта, подсистем, и взаимосвязи между элементами и подсистемами.

Существует два основных подхода при математическом цифровом (компьютерном) моделировании динамических систем:

1. Аналитический подход, когда исследуемые объекты имеют полноценное математическое описание в виде дифференциальных уравнений или систем уравнений.
2. Имитационный статистический.

Компьютерное моделирование – метод решения задачи моделирования некоторой сложной системы с помощью компьютерной модели. Сущность компьютерного моделирования преследует цель – получение каких-либо новых результатов с помощью имеющейся модели. Использование компьютерного моделирования наиболее целесообразно при изучении сложных систем, к которым относятся и глобальные экономические системы.

Сложная система – это некая целостная совокупность элементов, подсистем, включающая достаточно большое количество взаимосвязанных и определенным образом взаимодействующих друг с другом элементов (подсистем). То есть в сложной системе должна существовать возможность разбиения системы на подсистемы. Цели функционирования этих внутренних подсистем должны быть подчинены общей цели функционирования всей сложной системы. При этом способность достижения цели функционирования сложной системы должна осуществляться в условиях неопределенности и воздействия случайных факторов на систему. Последнее требование называется целенаправленностью [1].

Для сложной системы характерно также наличие существенных устойчивых связей между элементами, причем эти связи должны быть более сильными, чем связи с прочими элементами, относящимися к внешней среде. Здесь под связями понимается некоторые каналы, по которым осуществляется обмен между элементами и внешней средой информацией или энергией. В общем виде имитационное моделирование – это экспериментальный метод исследования реальной системы на ее имитационной модели, реализованной на ЭВМ и позволяющий использовать экспериментальный подход при проведении машинного (компьютерного) эксперимента. Имитационная модель подразумевает невозможность подсчитать заранее или предсказать результат моделирования объекта. Результат может быть получен только после проведения машинного эксперимента (имитации работы изучаемого объекта) при заданных исходных данных.

Необходимость применения имитационного моделирования проявляется в следующих случаях [2]:

- недостаточное количество фундаментальных законов, которые могли бы подробно описать исследуемую систему;
- сложность или невозможность формализации и количественного описания большинства взаимосвязей между подсистемами в системе;
- существенная роль случайных процессов в исследуемой системе;
- в исследуемой системе неотъемлемым условием является процесс принятия решения человеком.

В приведенном выше определении сущности имитационного моделирования не упомянут самый сложный этап имитационного моделирования – получение имитационной модели.

С целью получения имитационной модели исследователь должен изучить реальную систему, разработать модель реальной системы, основанную на логических связях с применением математических приемов. Имитационный характер исследования означает присутствие логических связей, описывающих изучаемый процесс.

Модель сложной системы можно представить в виде трех видов составляющих: [A, S, T],

где A – множество элементов (подсистем), в число которых включается и внешняя среда; S – множество имеющихся связей между структурными элементами; T – множество учитываемых моментов времени.

При имитационном моделировании можно воспроизводить моделируемые объекты двумя способами:

- с сохранением логической структуры объектов;
- с сохранением особенностей поведения объектов во времени, т.е. динамики функционирования.

Структура моделируемой системы переносится при имитационном моделировании в модель, а особенности ее функционирования реализуются в работе составленной программы модели. Таким образом, конструирование имитационной модели заключается в реализации структуры и в отображении процессов, происходящих в моделируемом объекте. Отсюда следует, что при разработке имитационной модели учитывают два момента:

- статическое описание системы, которое фактически отражает ее структуру. Поэтому первая задача при разработке имитационной модели – осуществление структурного анализа процессов в моделируемом объекте;
- описание динамики взаимодействия элементов системы. При этом требуется строить функциональные модели моделируемых процессов.

При программной реализации метода имитационного моделирования следует элементы исходной системы заменить программными фрагментами, а текущие состояния элементов системы требуется описывать посредством переменных состояния. Элементы системы взаимодействуют, т.е. обмениваются информацией, следовательно может быть реализован алгоритм функционирования отдельных элементов, или моделирующий алгоритм. К тому же, элементы действуют во времени, следовательно, надо составить алгоритм изменения переменных состояний. Динамика в имитационных моделях обеспечивается путем «продвижения модельного времени». Следовательно, в процессе создания имитационной модели, надо решить следующие задачи:

1. Представить реальную систему в виде совокупности взаимодействующих элементов, или подсистем.
2. Сделать описание функционирования элементов системы (подсистем) с помощью алгоритма.
3. Описать взаимодействие подсистем между собой, а также и с внешней средой.
4. Определить и описать состояния системы.

Моделируемая система описывается набором переменных состояний, каждая комбинация которых соответствует определенному состоянию. Следовательно, посредством изменения значений этих переменных можно моделировать переход системы из одного состояния в другое. Отсюда следует, что имитационное моделирование представляет собой динамическое изменение состояния системы посредством ее перехода от одного состояния к другому в соответствии с известными правилами. Изменения состояний системы могут происходить либо непрерывно, либо в дискретные моменты времени, соответственно, имитационная модель может быть дискретной или непрерывной. Подытоживая вышесказанное, можно сказать так: имитационное моделирование есть динамическое отражение изменений состояния системы с течением времени.

При имитационном моделировании большую роль играет время. Эксперимент на ЭВМ при имитационном моделировании представляет собой наблюдение за поведением моделируемой системы в течение некоторого времени. В большинстве задач оценка эффективности моделируемой системы непосредственно связана с временными характеристиками ее работы. Это такие задачи, как оценка производительности, задачи, связанные с исследованием эффективности процессов обслуживания и, конечно же, при моделировании глобальных экономических процессов.

В большинстве практических экономических задач скорость протекания рассматриваемых в них процессов значительно меньше скорости протекания машинного эксперимента. Например, проблемы перепроизводства в глобальной экономике развиваются в течение многих лет, и при реализации имитационной модели этих процессов надо вводить масштаб времени, ускоряющий процесс моделирования. С другой стороны, при проведении компьютерных экспериментов требуются определенные затраты времени на работу компьютера. Поэтому при разработке имитационных моделей и при планировании проведения машинных экспериментов с использованием имитационного моделирования приходится учитывать, согласуя их между собой, следующие виды времени [1, 2]:

- реальное время, в котором работает исследуемый объект;
- модельное, (системное), время, в масштабе которого работает модель;
- машинное время, учитывающее затраты времени компьютера при имитации.

Благодаря наличию модельного времени решаются следующие задачи:

- реализуется переход модели от одного состояния к следующему;
- осуществляется синхронизация работы подсистем модели;
- определяется масштаб времени реальной системы;
- осуществляется управление ходом машинного эксперимента;
- реализуется квазипараллельность событий в модели.

Под квазипараллельной реализацией событий понимается замена одновременного протекания процессов в реальной системе последовательной обработкой событий в имитационной модели. Необходимость решения этой задачи связана с применением однопроцессорных вычислительных машин, в то время как моделируемый объект может содержать большое число подсистем, работающих одновременно. Поэтому действительно параллельная одновременная реализация всех подсистем модели невозможна.

Известны два метода реализации механизма модельного времени: с постоянным шагом; по особым состояниям. Выбор первого или второго метода зависит от ряда факторов: сложности модели, характера моделируемых процессов, желаемой точности результатов и др.

Изменение времени с постоянным шагом происходит следующим образом. При использовании этого метода отсчет системного времени ведется через определенные, выбранные заранее интервалы времени. Считаются, что события в модели происходят в момент окончания этого интервала. Погрешность результатов моделирования в этом случае сильно зависит от размера шага моделирования (Δt). Метод изменения времени с постоянным шагом целесообразно использовать в следующих случаях: когда события появляются регулярно, их распределение во времени весьма равномерно; большое число событий и моменты их проявления часты; трудно определить заранее моменты проявления событий.

Данный метод управления модельным временем довольно просто применить в том случае, когда условия появления в модели событий разных типов можно представить как функции времени. Часто выбор величины шага моделирования является довольно трудной, но всегда - важной задачей. Общепринятого метода решения этой задачи не существует, но можно применить один из следующих принципов: принимать величину шага в соответствии со средней интенсивностью проявления событий; выбирать величину шага, которая равна среднему интервалу между часто происходящими событиями или самыми важными событиями. Изменение времени по особым состояниям заключается в следующем. При управлении временем в модели по особым состояниям системное время каждый раз изменяется на величину, соответствующую интервалу времени до момента наступления следующего события. События при этом обрабатываются в порядке их наступления, а одновременно наступившими считаются только те, которые являются в реальности одновременными. Для осуществления моделирования по особым состояниям требуется применить планирование событий, другими словами, составить календарь событий. При известном законе распределения интервалов времени между событиями вычисление следующего момента времени осуществляется просто: достаточно к текущему значению модельного времени прибавить величину рассчитанного по программе интервала.

Когда же момент наступления события определяется какими-то логическими условиями, требуется сформулировать эти условия и проверять их истинность для каждого следующего шага моделирования.

Изменение времени по особым состояниям рекомендуется применять в следующих случаях:

- события неравномерно распределяются во времени или велики интервалы между событиями;

- предъявляются высокие требования к точности взаимного расположения событий во времени;
- когда требуется учитывать наличие одновременно происходящих событий.

Этот метод имеет еще и то достоинство что он позволяет ускорить процесс моделирования на ЭВМ, особенно при моделировании объектов с периодическим характером действия, особенно если период между наступлением событий большой.

Таким образом, выбор механизма изменения модельного времени влияет на методику составления имитационной модели. При выборе метода моделирования следует учитывать целый ряд факторов. Определяющим фактором здесь служит вид моделируемой системы: если система дискретная, и события происходят во времени неравномерно, целесообразно изменение модельного времени по особым состояниям. Но когда в модели должны быть реализованы подсистемы, работа которых в реальной системе измеряется в разных единицах времени, то эти единицы требуется привести к одинаковому масштабу.

Этапы разработки и использования имитационных математических моделей следующие: определение цели моделирования; разработка концептуальной модели; построение алгоритма модели, или формализация; составление программы модели; планирование экспериментов на модели; проведение компьютерных экспериментов по принятому плану; анализ и интерпретация результатов моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Снетков Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: Учебно-практическое пособие / Н.Н. Снетков. М.: Изд. Центр ЕАОИ, 2008. 228 с.
- [2] Звягин Л.С. Рекомендации по формированию целенаправленной и эффективной инвестиционной политики государства в целях устойчивого долгосрочного развития экономики и общества // В книге: Стратегическое планирование и развитие предприятий Материалы Шестнадцатого всероссийского симпозиума. Под редакцией Г.Б. Клейнера. 2015. С. 61-64.
- [3] Звягин Л.С. Проблемы экономики России на микроуровне как результат взаимовлияния социально-экономической теории, политики и хозяйственной практики // В книге: Стратегическое планирование и развитие предприятий Материалы Шестнадцатого всероссийского симпозиума / Под редакцией Г.Б. Клейнера. 2015. С. 64-67.
- [4] Кравченко Т.К. Экспертная система принятия решений/ Т.К. Кравченко, Г.И. Перминов. М.: ГУ-ВШЭ, 1999. 241 с.
- [5] Форрестер Д. Мировая динамика /Пер. с англ. Д. Форрестер. М.: ООО «Издательство АСТ»; СПб.: Terra Fantastica, 2003. 379 с.