

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИМИТАЦИОННЫХ И АНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

О. И. Бабина (Красноярск)

Моделирование в научных исследованиях стало применяться еще в глубокой древности и постепенно захватывало все новые области научных знаний. Моделирование применяется в случае, если эксперименты с реальными объектами / системами невозможно или слишком дорого. Главное отличие моделирования от других методов изучения сложных систем – возможность оптимизации системы до её реализации. Процесс моделирования состоит из трёх стадий: формализации (переход от реального объекта к модели), моделирования (анализ и оптимизацию модели, нахождение решения), интерпретации (перевод результатов моделирования в область реальности). См. рис. 1.

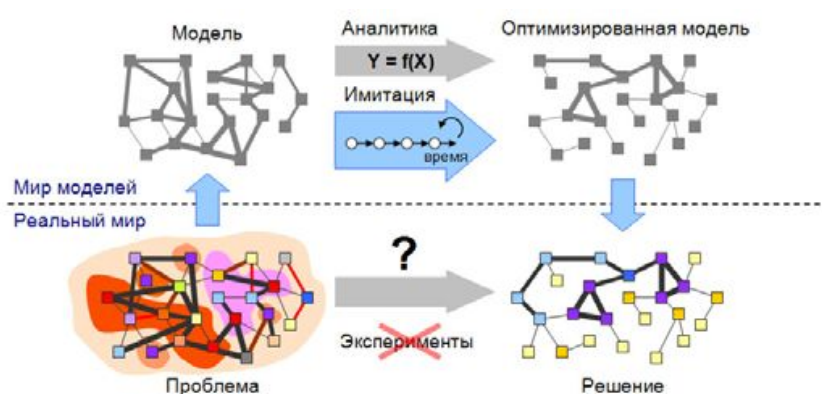


Рис. 1. Аналитическое (статическое) и имитационное (динамическое) моделирование [1]

Анализ аналитических и имитационных моделей

Традиционно математические модели разделяют на аналитические и имитационные модели. Аналитические модели представляют собой уравнения или системы уравнений, записанные в виде алгебраических, интегральных, дифференциальных, конечно-разностных и иных соотношений и логических условий. Они записаны и решены в буквенном виде. Отсюда и происходит их название. Аналитическая модель, как правило, статическая. Аналитическое представление подходит лишь для очень простых и сильно идеализированных задач и объектов, которые, как правило, имеют мало общего с реальной (сложной) действительностью, но обладают высокой общностью. Данный тип моделей обычно применяют для описания фундаментальных свойств объектов, так как фундамент прост по своей сути. Сложные объекты редко удаётся описать аналитически.

Альтернативой аналитическим моделям являются имитационные модели (динамические). Основное отличие имитационных моделей от аналитических состоит в том, что вместо аналитического описания взаимосвязей между входами и выходами исследуемой системы строят алгоритм, отображающий последовательность развития процессов внутри исследуемого объекта, а затем «проигрывают» поведение объекта на компьютере. К имитационным моделям прибегают тогда, когда объект моделирования настолько сложен, что адекватно описать его поведение математическими уравнениями невозможно или затруднительно. Имитационное моделирование позволяет разлагать большую модель на части (объекты, «кусочки»), которыми можно оперировать по отдельности, создавая другие, более простые или, наоборот, более сложные модели. Та-

ким образом, основным преимуществом имитационного моделирования по сравнению с аналитическим является возможность решения более сложных задач, так как имитационную модель можно постепенно усложнять, при этом результативность модели не падает.

При имитационном моделировании воспроизводится алгоритм функционирования системы во времени – поведение системы, причем имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания, что позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характеристики системы. Имитационные модели позволяют достаточно просто учитывать такие факторы, как наличие дискретных и непрерывных элементов, нелинейные характеристики элементов системы, многочисленные случайные воздействия и другие, которые часто создают трудности при аналитических исследованиях. Имитационное моделирование тяготеет к объектно-ориентированному представлению, которое естественным образом описывает объекты, их состояние, поведение, а также взаимодействие между ними. В настоящее время имитационное моделирование – наиболее эффективный метод исследования систем, а часто и единственный практически доступный метод получения информации о поведении системы, особенно на этапе ее проектирования.

Имитационная модель в отличие от аналитической представляет собой не законченную систему уравнений, а развернутую схему с детально описанной структурой и поведением изучаемого объекта. Для имитационного моделирования характерно воспроизведение явлений, описываемых моделью, с сохранением их логической структуры, последовательности чередования во времени, взаимосвязей между параметрами и переменными исследуемой системы.

В аналитических моделях можно использовать широкий арсенал математических методов, что часто позволяет найти оптимальное решение и иногда провести анализ чувствительности. Однако, к сожалению, аналитические решения не всегда существуют, а существующие не всегда просто найти. Что касается имитационных моделей, то оптимальность решения не гарантирована, и даже более того – часто трудно получить решение, хотя бы в какой-то степени близкое к оптимальному. Иногда требуется провести много испытаний имитационной модели, чтобы получить приемлемую достоверность «добротности» какого-либо решения. Однако с помощью имитационного моделирования можно получить такие данные, которые с помощью аналитических моделей получить очень сложно или совсем невозможно, например, определить влияние изменчивости параметров модели, поведение модели до достижения ею установившегося состояния и т.п. См. рис 2.

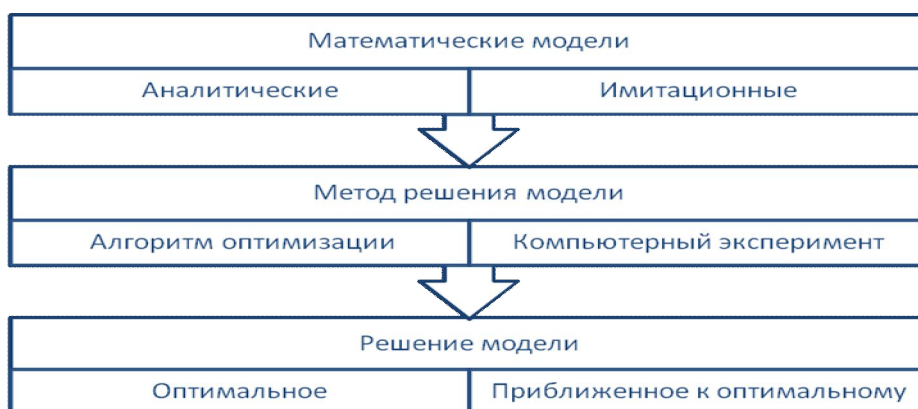


Рис. 2. Модели поддержки принятия решений

В аналитических моделях (в частности, математического программирования) значения переменных решений являются выходом модели. Выходным результатом процесса оптимизации модели будут значения переменных решений, которые максимизируют (или минимизируют) целевую функцию. В имитационных моделях значения переменных решений являются входом модели – выходным результатом процесса имитации модели будет значение целевой функции, соответствующее данным входным значениям переменных.

Еще в недалеком прошлом имитационные модели считались методом «второго сорта», которые применялись только тогда, когда было невозможно применять аналитические. И действительно, если уже построена аналитическая модель, то обычно с помощью того или иного метода оптимизации можно найти оптимальное детерминированное решение. Однако на сегодняшний день многие аналитические модели (в частности, модели математического программирования) имеют ограниченное применение на практике. В том случае, когда аналитические модели невозможно применять, аналитики применяют имитационные модели. Имитационные модели считаются одними из наиболее перспективных при решении задач управления экономическими объектами. В общем случае, для сложных проблем, где время и динамика важны, имитационные модели считаются одним из самых популярных и полезных методов количественного анализа [4]:

1. Аналитические модели часто трудны для формализации и построения, а иногда их вообще невозможно построить. Любая аналитическая модель имеет свои «затрудняющие» факторы, которые зависят от специфики данной модели.
2. Аналитические модели обычно дают среднестатистические или стационарные (долговременные) решения. На практике часто важно именно нестационарное поведение системы или ее характеристики на коротком временном интервале, что не дает возможности получить «средние» значения.
3. Для имитационного моделирования можно использовать широкий круг программного обеспечения специально разработанных для создания имитационных моделей.

Как аналитические, так и имитационные модели можно использовать для решения задач, включающих случайные события. При этом часто аналитические модели предпочтительнее имитационных по следующим причинам:

1. Имитационное моделирование требует проведения большого числа испытаний, чтобы получить хорошую оценку значения целевой функции для каждого отдельного решения.
2. С помощью аналитической модели можно получить оптимальное решение.
3. Решение задачи с помощью имитационного моделирования требует оценить большое количество возможных альтернативных решений.

К достоинствам имитационного моделирования по сравнению с аналитическими моделями можно отнести:

1. Возможность многократного измерения интересующих нас параметров модели.
2. Возможность исследования сложных сценариев поведения системы.

В таблице приведен перечень наиболее существенных отличительных характеристик имитационных и аналитических моделей, проходящих через все три стадии процесса моделирования, а именно формализацию, моделирование и интерпретацию результатов моделирования.

Сравнительные характеристики имитационных и аналитических моделей

	Аналитические модели	Имитационные модели
Виды моделей по отношению ко времени	динамические и статические	динамические
Форма записи модели	уравнение или система уравнений объекта исследования	алгоритм (процедура) исследуемого объекта
Формализация и построение модели	часто трудны	более легки
Значение переменных	выход системы	вход системы
Способ решения модели	алгоритм оптимизации	эвристический или экспериментальный анализ с помощью компьютера
Количество испытаний для решения	одно	много
Решения	точные значения	вероятностные характеристики
Нахождение оптимального решения в случае построения модели	гарантировано	не гарантировано
Специализированное ПО	не так много	много
Решение сложных систем	затруднительно	возможно
Применимость на практике	ограничена	не ограничена
Степень близости модели к изучаемому объекту	сильно упрощена	максимально приближена к изучаемому объекту
Класс изучаемых объектов	сужен	расширен

В настоящее время во многих случаях имитационные модели строятся не вместо аналитических, а параллельно с ними, поскольку они относительно просты для создания и позволяют исследовать такие параметры реальных систем, которые невозможно отобразить в аналитических моделях. Комбинированное использование аналитических и имитационных методов позволяет сочетать достоинства обоих подходов. При построении комбинированных (аналитико-имитационных) моделей производится предварительная декомпозиция процесса функционирования объекта на составляющие подпроцессы, и для тех из них, где это возможно, используются аналитические модели, а для остальных подпроцессов строятся имитационные модели. Такой подход дает возможность охватить качественно новые классы систем, которые не могут быть исследованы с использованием аналитического или имитационного моделирования в отдельности.

Литература

1. **Борщев А. В.** Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика // www.anylogic.com
2. **Голосов О. В., Дрогобыцкий И. Н., Герасимов Б. И., Дякин В. Н.** Т32 Тематический обзор по областям исследований научной специальности ВАК России 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики». Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. 236 с.
3. **Емельянов А. А. и др.** Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб. пособие / А. А. Емельянов, Е. А. Власова, Р. В. Дума. Под ред. А. А. Емельянов. М.: Финансы и статистика, 2002. 368 с., ил.
4. **Мур, Джеффри, Уэдерфорд, Ларри Р. и др.** Экономическое моделирование в Microsoft Excel, 6-е изд.: пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. 1024 с.,: ил. Парал. Тит. Англ.
5. **Рыжиков Ю. И.** Имитационное моделирование. Теория и технология. СПб: КОРОНА принт; М.: Альтекс-А, 2004. 384 с., ил.
6. **Шеннон Р.** Имитационное моделирование систем – искусство и наука: перевод с англ. под ред. Маслова. М.: Издательство «Мир», 1978. 212 с.