

УДК 519.876.2

## МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ ПОДХОД В ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

© А.В. Улыбин, А.А. Арзамасцев

*Ключевые слова:* имитационное моделирование; мультиагентный подход; агент.

Статья посвящена анализу методов имитационного моделирования, в частности использованию мультиагентного подхода в имитационном моделировании.

### ВВЕДЕНИЕ

Имитационное моделирование – это разработка и выполнение на компьютере программной системы, отражающей структуру и функционирование моделируемого объекта или явления во времени. Программный комплекс, полученный при этом, называют имитационной моделью этого объекта или явления. Т. е. имитационная модель – это упрощенное подобие реальной системы, либо существующей, либо той, которую предполагается создать [1, 2]. Можно сказать, что имитационное моделирование – это частный случай математического моделирования. Существует класс объектов, для которых по различным причинам не разработаны аналитические модели, либо не разработаны методы решения полученной модели, либо разработанные модели не подходят для проведения результативных вычислительных экспериментов. В этом случае математическая модель заменяется имитационной моделью.

### ВИДЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В имитационном моделировании можно выделить следующие основные виды: динамические системы, системная динамика, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование [3]. Математически системная динамика и динамические системы оперируют в основном с непрерывными во времени процессами, тогда как дискретно-событийное моделирование и агентное моделирование – в основном с дискретными.

В системной динамике процессы, происходящие в реальном мире, представляются в терминах накопителей, потоков между этими накопителями и информации, которая определяет величину этих потоков. Структура и поведение системы представляется как множество взаимодействующих положительных и отрицательных обратных связей. Системная динамика абстрагируется от отдельных объектов и событий и предполагает «агрегатный» взгляд на процессы, концентрируясь на политиках, этими процессами управляющих. Моделируя с использованием системной динамики, структура и поведение системы представляются как множество взаимодействующих положительных и отрицательных обратных связей и задержек. Математически системно-динамическая модель – это система дифференциальных уравнений.

Динамические системы моделировались задолго до возникновения системной динамики и являются, собственно, ее прообразом. Математическая модель, как и в случае системной динамики, состоит из набора переменных состояния и системы алгебро-дифференциальных уравнений над ними. В отличие от системной динамики здесь переменные состояния имеют прямой физический смысл: координата, скорость, давление, концентрация и т. д.; они естественно непрерывные и не являются количествами дискретных объектов. Основные недостатки системной динамики и динамических систем включают все недостатки моделирования с помощью аппарата дифференциальных уравнений.

В дискретно-событийном моделировании функционирование системы представляется как хронологическая последовательность событий. В основе этого подхода лежит концепция заявок, ресурсов и потоковых диаграмм, определяющих потоки заявок и использование ресурсов. Событие происходит в определенный момент времени и влечет изменение состояния системы. Заявки стоят в очередях, обрабатываясь, захватывая и освобождая ресурсы, разделяясь, соединяясь и т. д. Дискретно-событийную модель можно рассматривать как глобальную схему обработки заявок, обычно со стохастическими элементами [4].

### МУЛЬТИАГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В отличие от системной динамики и дискретно-событийных моделей агентные модели децентрализованы. Здесь не определяется поведение системы в целом, поведение агентов определяется на индивидуальном уровне, а динамика системы возникает как результат деятельности многих агентов. Агентное моделирование является подходом более универсальным и мощным, т. к. оно позволяет учесть любые сложные структуры и поведения. Другое важное преимущество агентного моделирования в том, что разработка модели возможна в отсутствии знания о глобальных зависимостях: нужно определять индивидуальную логику поведения участников процесса для того, чтобы построить агентную модель и вывести из нее глобальные поведения. Агентную модель проще поддерживать: уточнения обычно делаются на локальном уровне и не требуют глобальных изменений.

Мультиагентные системы состоят из множества искусственных агентов, которые работают совместно. Агент – это эволюция понятия «объект». Существует много определений агента. Общим в них является то, что агент – некоторая сущность, которая обладает активностью, автономным поведением, может принимать решения в соответствии с некоторым набором правил, может взаимодействовать с окружением и другими агентами и может изменяться. Можно сказать, что агент – это объект, обладающий определенными свойствами.

Приведем основные свойства, присущие агенту:

- автономность: агенты функционируют без прямого вмешательства в их действия, они могут самостоятельно контролировать свое состояние и реагировать на происходящие изменения;
- методы общения: агенты взаимодействуют друг с другом с помощью некоторого языка;
- реактивность: агенты способны воспринимать окружающую среду;
- активность: агенты обладают целенаправленным поведением и способны сами проявлять инициативу;
- интеллектуальное поведение: агент способен к обучению, способен находить оптимальные способы поведения;
- индивидуальная картина мира: каждый агент по своему воспринимает окружающую среду;
- мобильность: способность к передаче кода агента.

Для того чтобы агент мог вести себя определенным образом, он должен иметь специальные «устройства»: эффекторы – органы, воздействующие на среду, рецепторы – получающие информацию от воздействия среды и процессор – он будет обрабатывать информацию.

Построение агентных моделей требует определения множества агентов и основ их поведения, определения взаимоотношений между агентами и теоретических основ этих отношений, выбора платформы для агентного моделирования [5]. Определение агентов с точным заданием их поведения и взаимодействия с другими агентами – это основа для разработки адекватных агентных моделей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Традиционные подходы имитационного моделирования рассматривают объекты моделирования как нечто среднее арифметическое или как пассивные заявки или ресурсы в процессе. Эти методы не учитывают индивидуальных особенностей каждого из моделируемых объектов. В то же время именно в силу этих особенностей может изменяться динамика всей системы в целом. Агентное моделирование лишено этих недостатков, оно рассматривает объекты как активные, взаимодействующие между собой элементы, способные проявлять индивидуальные свойства. По этой причине можно считать агентное моделирование наиболее предпочтительным традиционным подходом. При мультиагентном моделировании есть возможность воздействовать на объекты моделирования, а значит можно найти такие управляющие воздействия на агентов, которые могут привести к желаемой динамике состоящей из них сложной системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Карнов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. С. 400.
2. Кудрявцев Е.М. Основы имитационного моделирования различных систем. М.: ДМК пресс, 2004. С. 320.
3. Борцов А.В. От системной динамики и традиционного ИМ – к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты. URL: <http://www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf> (дата обращения: 03.09.10).
4. Кельтон Д.В., Лоу А.М. Имитационное моделирование. СПб.: Питер, 2004. С. 847.
5. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование: Теория и технологии. М.: Альтекс-А, 2004. С. 384.

Поступила в редакцию 3 сентября 2010 г.

Ulybin A.V., Arzamastsev A.A. Multi-agent approach in imitating modeling

The article is devoted to the review of methods of imitating modeling, in particular the use of multi-agent approach in imitating modeling.

*Key words:* imitating modeling; multi-agent approach; agent.