

Основные среды имитационного моделирования AnyLogic и GPSS

Л. Р. Адигозолова

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

Аннотация. Современная жизнь не стоит на месте: общество эволюционирует, люди приобретают новые знания, с каждым днем в геометрической прогрессии растет количество информации. В связи с этим, возникает потребность в формировании и расширении возможностей анализа данной информации, структуризации ее, обработке и правильном использовании. Все больше и теснее в современном мире идет взаимосвязь с IT-технологиями и сетью Internet. Все это говорит о том, что с течением времени увеличивается объем потребляемой информации, а способность быстро реагировать на увеличивающийся поток информации становится все более острой необходимостью, возникает потребность все более быстро реагировать на систему изменений. Именно поэтому возникает необходимость не только изобретать более совершенные системы, изучать алгоритмы программирования и обработки информации, но и уметь моделировать ее таким образом, чтобы максимально конкретизировать задачу, добиваясь точного результата.

Ключевые слова: имитационное моделирование; алгоритм; визуализация моделей; программирование

I. ВВЕДЕНИЕ

Первая агентно-ориентированная модель была разработана в 1940 г., которое стало впоследствии развиваться с помощью микрокомпьютеров – стало возможным проводить компьютерные симуляции. Основной идеей данного подхода являлось построение инструмента, содержащего набор агентов с определенным набором свойств и качеств, которые и позволяли таким образом производить симуляции в реальном времени. Конечной же целью являлось – заключение влияния агентов на микроуровне на показатели макроуровня. Данный термин произошел от английского словосочетания *agent based model*, и означает, что в работе присутствует несколько агентов, которые в свою очередь никак не связаны между собой в своем поведении, однако они относятся к общей системе и определяют ее поведение в целом. Задача аналитика такой системы состоит в том, чтобы определить поведение агента на индивидуальном уровне, так как поведение системы, в общем, зависит от реакции каждого отдельного агента.

Простыми словами агентное моделирование нацелено на изучение глобальных правил системы, общее поведение с помощью результата анализа конкретных, индивидуальных активных объектов, а после – их взаимодействия в общей системе. Агент – это

своеобразная сущность, которая не подчиняется каким-либо типовым правилам, его поведение автономно, он может самостоятельно принимать решения и видоизменяться, однако при этом он остается в системе и взаимодействует с другими агентами. Отличительными чертами такого агента считаются независимость, способность быстро реагировать на изменения окружающей среды, быстрота реакции, отличная способность ориентироваться в пространстве. Кроме того, данные объекты имеют достаточно высокий интеллект, а также способность к обучению. Однако общий алгоритм поведения системы не известен, он является следствием взаимодействия агентов между собой и с окружающей их средой, которая называется агентной.

Потребительский рынок – очень яркий пример работы механизма агентного моделирования. В данной среде выбор покупателя зависит от многих факторов, а именно: от его потребностей и привычек, от того, какие тенденции сейчас существуют в рынке, от таких внешних факторов, например, как реклама или санкции на рынке, а также многого другого. Эти процессы лучше всего описываются с помощью агентного моделирования.

Наиболее известные машины, которые участвовали в истории развития данной модели были изобретены следующими программистами и имели свою специфику:

- вычислительная машина Джона фон Неймана;
- клеточные машины Станислава Улама;
- игра под название «Жизнь» Джона Хортон;
- модель «Искусственная жизнь» Крега Рейнолдса (предпринял попытку моделирования жизни биологических существ).

В агентно-ориентированной модели лежат три основные идеи, а именно:

1. Объектная ориентированность (условия внешней среды, а также намерения других агентов являются ключевым воздействием на условия функционирования агента. Реагируя друг на друга, агенты вызывают действия друг друга, после чего агент запрашивает действия другого агента, а тот может, как принять на себя эти действия, так и отклонить их, отказаться от выполнения той или иной работы).

2. Обучаемость агентов и их эволюция. Независимое поведение агентов, быстрая реакция, целенаправленная активность, способность коммуникации с другими объектами выносят данную систему на более продвинутый уровень, делая ее более сложной для структурирования, что является главной особенностью при сравнении с обычным объектом или простой программой.
3. Сложность вычислений. В связи с тем, что в системе присутствует большое количество агентов, возникает идея многоагентности, которая предполагает кооперацию агентов при коллективном решении задач. Это одна из социальных форм поведения и взаимодействия между агентами, которая объединяет их усилия для достижения совместной цели при разделении их функций и обязанностей. Обмениваясь знаниями, агенты используют специальный язык (например, KQLM), а данные их коммуникации заносятся в специальные протоколы, которые описывают процесс ведения переговоров.

Определение многоагентной системы MAS в виде алгебраической модели представляет следующий вид:

$$MAS=(A, E, R, ORG, ACT, COM, EV),$$

где A – множество агентов, E – множество сред, в которых функционируют агенты, R – семейство базовых отношений между агентами, ORG – формируемая программными агентами организация, ACT – множество действий, выполняемых агентами, COM – множество коммуникативных актов, образующих протокол коммуникации в MAS, EV – множество эволюционных стратегий.

Что касается реальной среды применения данного метода, то уже с конца 20 века (примерно 1990 гг.) агентное моделирование стало использоваться для решения множества коммерческих задач, в том числе и улучшения технологических проблем. Рассмотрим область применения данного метода на конкретных примерах:

- Оптимизация сети поставщиков и логистика. В первую очередь этот вопрос касается снижения потерь качества и затрат на логистические услуги. Для этого цепочки поставок должны уметь быстро реагировать на изменяющиеся условия, быть тесно интегрированы с компаниями-партнерами, а также быть прозрачными с точки зрения информации. С точки зрения агентского моделирования, данная система помогает отразить процесс взаимодействия звеньев цепи, учитывая параметры географического расположения, алгоритмы оптимизации издержек как при рассмотрении каждого звена в отдельности, так и системы в целом, взаимодействие звеньев цепи поставок (агентов). Так как каждый элемент в большей степени функционирует самостоятельно, то мультиагентные системы не требуют для этого централизованного алгоритма управления, что

позволяет упростить построение моделей сложных систем.

- Социальные сети и моделирование потребительского поведения. В данном случае агентное моделирование представляется в виде мульти агентских симуляций, с помощью которых изучается взаимодействие между потребителями и брендами. Основа потребления представляет собой микс психологических (процесс принятия решений), социологических (социальные взаимоотношения между индивидуумами, принадлежность их к разным социальным статусам), экономических (соотношение цен, затрат на информацию) и маркетинговых аспектов.
- Менеджмент трудовых ресурсов. Данный раздел затрагивает вопрос поиска работы на микроуровне, учитывая индивидуальные характеристики агентов, возможность коммуникации между ними; позволяет выявить ключевые показатели, влияющие на динамику рынка труда; служить опорой для принятия управленческих решений.
- Управление транспортом. С помощью агентного моделирования можно сравнить различные стратегии выбора оптимальных маршрутов для отдельных пассажиров, поиска рациональных маршрутов общественного транспорта, выбор того или иного транспорта агентом учитывая минимизацию стоимости поездки, а также другие факторы, которые используются для оптимизации пассажиропотока в общественных и грузовых перевозках.
- Управление инвестиционными портфелями. С помощью агентного моделирования можно сравнить результаты финансовых вложений предыдущих лет, сделать анализ инвестиционного рынка, предсказывать поведение валют и других ценных бумаг на рынке инвестиций. Существует также одно из специфичных направлений данной отрасли – моделирование искусственных фондовых рынков. Важной особенностью здесь является учет предпочтений агентов, анализ их прав на приобретение тех или иных ценных бумаг; возможность ориентироваться во временных факторах и в способах ценообразования.

Таким образом, агентно-ориентированное моделирование учитывает фундаментальные характеристики, присущие изучаемой отрасли, к числу которых могут относиться неоднородность агентов, ограниченная иррациональность индивидуумов, вынужденность принятий решений в условиях недостатка информации, комплексное взаимодействие агентов, что позволяет создать модели в экономике, максимально приближенные к реальным.

II. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Любая имитационная модель – есть программа или компьютерная установка, описывающая структуру и поведение реальной системы во времени с помощью применения информационных технологий. Такие модели помогают получать статистику о функционировании системы исходя их входящих данных, получаемых системой. Данные модели могут создавать с помощью программного обеспечения, систем компьютерного моделирования. В данной работе я рассматриваю имитационное моделирование на примере систем агентного моделирования и дискретного-событийного моделирования, поэтому и программы, позволяющие построить модель будут рассматриваться с точки зрения этих двух подходов.

Рассмотрим основные инструментальные средства, используемые при агентном и дискретно-событийном моделировании, а также их основные функции о возможности.

Как мы можем заметить программ для имитации тех или иных ситуаций достаточное количество, однако не все программы могут использоваться в России. Основной проблемой является отсутствие представителей программ-разработчиков в нашей стране, другая проблема – это присутствие коммерческого сегмента, в результате которого многие программы становятся достаточно дорогими в обслуживании не только для университетов, но и для IT-компаний. В современном мире идет стремительная работа над развитием направления разработки средств имитационного моделирования, поддерживающих те или иные методологии моделирования сложных систем. Рассмотрим возможности наиболее распространенных из них и использующихся наиболее часто.

- **Any Logic** – программное обеспечение, разработкой которой занимается российская компания «Экс Джей Технолоджис» (англ. XJ Technologies). Данное ПО направлено для имитации моделирования сложных систем и процессов, поддерживает направления агентного моделирования, дискретно-событийного моделирования, а также занимается разработкой моделей системной динамики.
- **GPSS** – общецелевая система моделирования (англ. General Purpose Simulation System). Используется для имитационного моделирования систем массового обслуживания, информационных процессов, разработки имитационных моделей в сети интернет с применением объектно-ориентированного программирования.
- **Arena** – программное обеспечение для имитационного моделирования, созданное компанией Systems Modeling Corporation. Позволяет создавать виртуальные подвижные компьютерные модели, с помощью которых можно наглядно представить работу многих реальных систем.

- **Plant Simulation** – программная среда для имитационного моделирования процессов, основной целью которой является оптимизация входящих потоков, загрузки ресурсов, логистика, а также методы управления планирования как отдельных линий и участков, так целого производства.
- **SimBioSys: C++** – оболочка агентно-базового эволюционного моделирования в биологических и общественных науках.
- **SWARM** – (Multi-AgentModellingLanguage) – данное ПО предназначено для моделирования искусственного мира.
- **пакеты Ascape (Agent Landscape) и RePast (Recursive Porous Agent Simulation Toolkit)** – созданы для поддержки агентно-базового моделирования, написанные на платформе языка Java.
- **NetLogo и MIMOSE** – (Micro and Multilevel Modelling Software) – данная информационная система предназначена для создания имитационных моделей и технологий моделирования в общественных науках.
- **SPSS, Statistica, PilGrim, Z-Tree** – системы для исследования педагогических, экономических и психологических процессов и явлений.

III. СРЕДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANYLOGIC 6 И GPSS

Как уже ранее упоминалось, одной из наиболее популярных и удобных ПО для моделирования процессов, является AnyLogic, которая работает как с дискретно-событийным моделированием, системной динамикой, так и с агентным моделированием. Данное программное обеспечение было выпущено на преимущественных информационных технологиях, а именно с использованием языка Java, объектно-ориентированного подхода и элементов стандарта UML.

Данный продукт умеет работать со всеми тремя версиями имитационного моделирования, а также с любой из комбинаций данных подходов в пределах одной модели. Данная программа несколько раз видоизменялась, дорабатывалась и совершенствовалась, прежде чем ей удалось приступить к работе с бизнес-процессами, а последняя версия уже была написана на языке программирования Java в популярной среде разработки Eclipse и является кросс-платформенным программным обеспечением и работает под управлением операционных систем Windows, Linux, Mac и OS.

В Any Logic стало возможным разрабатывать модели следующих бизнес-процессов: здравоохранение и фармацевтика; логистика и цепочки поставок; рынок и конкуренция; производство; сфера обслуживания; телекоммуникация и информационные системы; управление активами и проектами; оборона и др.

Система AnyLogic, разработанная российской компанией JXTechologies является средой компьютерного моделирования общего назначения. Данная программа предназначена для широкого использования, с помощью чего можно оценить результат конструкторских решений сложных систем; программа также дает возможность комбинирования нескольких подходов моделирования. Система разработана с учетом новейших информационных технологий и объектно-ориентированного моделирования, дает возможность гибко использовать различные концепции программы, не исключая классические подходы моделирования. Программа снабжена последними технологиями анимации, визуального моделирования, что позволяет наглядно увидеть моделируемые процессы.

Многие не только российские, но и зарубежные компании стали клиентами отечественной разработки и применяют их для своих потребностей и исследований. Более того, сам сайт компании AnyLogic (www.anylogic.ru) дает возможность демонстрации своего продукта. Для различных отраслей на сайте представлены демо-продукты для ознакомления, а также приведены примеры демо-моделей, которые можно прогнать в режиме реального времени.

Другой средой для моделирования многоканальных процессов является программа GPSS. Система GPSS прекрасно подходит для моделирования процессов массового обслуживания. Однако в данной системе есть несколько недостатков: первый из них заключается в том, что GPSS дает возможность моделирования лишь одного устройства. Если в модели есть два или более параллельно работающих объекта, то такую модель необходимо моделировать с помощью нескольких работающих параллельно работающих устройств. В реальной жизни такими приборами могут быть, например, несколько работающих в магазине касс, несколько операторов колл-центра или несколько одновременно работающих парикмахеров. Другим недостатком является отсутствие графических данных, что отнимает возможность наглядного представления модели в реальности, а также затрудняет процесс обработки информации. Кроме того, в данной программе очень сложно представить процессы обработки информации в виде алгоритмов.

Данная система была придумана и разработана в 1961 году, упомянутым ранее Джеффри Гордоном, работающим в IBM. Он же разработал первых 5 версий программы. В России же данная программа заявила о популярности в 1980 году благодаря монографии, написанной Дж. Шрайбергом, в которой рассматривалась одна из первых версий программы. После того, как IBM прекратила поддержку разработки данной программы, за разработку более новой версии взялась компания Wolverine Software под руководством Дж. Хенриксена, которая вышла в свет в 1978 году. Позже, в 1984 году появилась новая версия, предназначенная уже для персонального компьютера с операционной системой DOS, разработкой которой занималась компания Minuteman Software, под руководством С. Кокса. Этой же компанией было разработано несколько более поздних версий, включая программный продукт GPSS World. Параллельно в Швеции была разработана упрощенная версия программы

Micro-GPSS, ее автором стал Ингольф Сталл. Эта версия стала основной программой для изучения языка GPSS, а также стала использоваться для разработки простейших моделей и применений их в сети интернет.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, развитие технологий и ее огромная роль в управлении стала играть ключевую роль. Все больше вопросов решается с помощью информационных технологий, управленческие решения все больше принимаются на основании анализа имитационного моделирования. С помощью информационных технологий предпринимаются попытки превратить Россию в высокотехнологичное государство. В мировой практике также вопрос принятия решений политических, экономических, социальных, военных стал на совершенно иной уровень: прежде чем решать проблему в реальной жизни, ее необходимо испытать в виртуальной жизни, т.е. на модели, которая максимально будет приближена к реальной жизни.

В настоящее время ни в одной из сфер экономики невозможна успешная деятельность без применения моделирования поведения и динамики процессов с помощью программных и технических средств. Однако, имитационная модель отражает не только временный и логический аспект исследуемого процесса, но и пространственный. Данный класс моделей сравнительно новый и основан на программировании, с помощью которого можно с легкостью решить задачи достаточно высокого уровня сложности.

В настоящее время имитационное моделирование становится все более актуальным. В связи со спадом экономической активности и производственной деятельности страны, данный подход является универсальным методом для решения вопросов в условиях неопределенности. Кроме того, данная модель является универсальным средством для исследований и разработок в областях знаний, искусственного интеллекта, теории сложных систем и теории игр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Борщёв А. От системной динамики и традиционного ИМ – к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты. – Электрон. Дан. – Режим доступа: www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf
- [2] Борщёв А.В. От системной динамики и традиционного ИМ – к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты. URL: <http://www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf>.
- [3] Звягин Л.С. Инновационная деятельность как основа успешного партнерства сфер бизнеса и образования // Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона: Сб. материалов конференции. 2017. Т. 1. С. 122-125.
- [4] Звягин Л.С. Применение системно-аналитических методов в области экспертного прогнозирования // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 3. № 6. С. 145-148.
- [5] Звягин Л.С. Мягкие измерения как основа инновационного развития вычислительных методов // Мягкие измерения и вычисления. 2018. № 11. С. 14-19.
- [6] Маликов Р.Ф. Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic6 / Уч. издание под ред. Т.В. Подкопаевой, 2013.
- [7] Нохрина Г.Л. Математическое и имитационное моделирование: Курс лекций, 2014.