

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.М. Коровин

ANALYSIS OF APPROACHES AND PROGRAM SOFTWARE FOR SIMULATION MODELLING OF SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS

A.M. Korovin

Приведены результаты сравнительного анализа основных функциональных возможностей популярных на российском рынке программных продуктов для имитационного моделирования социальных и экономических систем. Обоснован выбор универсальной системы моделирования AnyLogic.

Ключевые слова: имитационное моделирование, программные продукты, AnyLogic.

The article gives the results of comparative analysis of basic functional capabilities of best-selling software for simulation modeling of social and economic systems at the Russian market. The choice for general-purpose system of modeling AnyLogic is proved.

Keywords: simulation modeling, software, AnyLogic.

Для построения систем имитационного моделирования в настоящее время используются следующие подходы: системная динамика, дискретно-событийное моделирование, динамические системы, агентное моделирование, объединенный подход. Практически все программные инструменты имитационного моделирования разработаны для поддержки одного определённого подхода [1–3].

Поставим задачу сравнить с российским программным комплексом для имитационного моделирования AnyLogic компании XJ Technologies наиболее популярные на российском рынке специализированные заграничные программные продукты для оценки и выбора средства моделирования для имитационного моделирования социальных и экономических систем (СЭС).

Подход «Системная динамика» реализован в программных продуктах: VenSim, PowerSim, iThink, ModelMaker и др. Основная парадигма данного подхода заключается в математическом описании систем дифференциальных уравнений, приведенных к форме Коши. Системно-динамический подход был разработан и предложен Дж. Форрестером в конце 1950-х как «исследование информационных обратных связей в промышленной деятельности с целью показать

как организационная структура, усиления (в политиках) и задержки (в принятии решений и действиях) взаимодействуют, влияя на успешность предприятия». Приложения системной динамики включают также социальные, урбанистические, экологические системы. Системная динамика абстрагируется от отдельных объектов и событий и предполагает «агрегатный» взгляд на процессы, концентрируясь на политиках, этими процессами управляющих. Моделируя в стиле системной динамики, вы представляете структуру и поведение системы как множество взаимодействующих положительных и отрицательных обратных связей и задержек.

Важно отметить следующие моменты системной динамики: поскольку модель оперирует только количествами, агрегатами, то объекты, находящиеся в одном накопителе, неразличимы, лишены индивидуальности, при этом аналитику предлагается рассуждать в терминах глобальных структурных зависимостей и соответственно ему необходимы соответствующие данные.

Дискретно-событийное моделирование реализуется с помощью программных продуктов: Arena, GPSS, Extend, SimProcess, AutoMod, PROMODEL, Enterprise Dynamics, FlexSim,

Коровин Александр Михайлович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах, Южно-Уральский государственный университет; alexmih2012@yandex.ru

Alexey Mikhailovich Korovin – Candidate of Science (Engineering), associate professor, associate professor of Information Analytical Control Support in Social and Economic Systems Department of South Ural State University; alexmih2012@yandex.ru

eMPlant и др. Основная парадигма данного подхода заключается в использовании транзактов, отображающих динамические объекты моделирования (заявки), и блоков-объектов, обрабатывающих эти заявки. Дискретно-событийное моделирование наиболее развито и имеет огромную сферу приложений – от логистики и систем массового обслуживания до транспортных и производственных систем. Этот вид моделирования наиболее подходит для моделирования производственных процессов. Идея моделирования систем с дискретными событиями была сформулирована в виде Системы общецелевого моделирования или General Purpose Systems Simulator (GPSS) Джеффри Гордоном в 1961 году. Это был один из самых удачных на то время проблемно-ориентированных языков программирования. Проблемной областью GPSS являются такие разновидности моделей СЭС как системы массового обслуживания (системы с очередями).

Появление персональных ЭВМ и принципиально новых идей и подходов взаимодействия человека с ЭВМ не могло не отразиться на GPSS. Он несколько утратил свою привлекательность. Появились новые системы моделирования, использующие возможности новой техники – оперативность, интерактивность, наглядность при разработке моделей и проведении исследований. Язык GPSS ввел в моделирование парадигму потокового или сетевого моделирования (flowchart или network-based modeling). Поток сущностей (транзакций) продвигается по структурной диаграмме, представляющей систему. Транзакции ожидают в очередях, конкурируют за использование ресурсов и блоков, осуществляющих их обработку (обслуживание), и в конце концов покидают систему. Парадигма потокового моделирования оказалась достаточно общей и использовалась во многих программных продуктах.

Основная парадигма подхода «Динамические системы» (программные продукты: MATLAB, VisSim, LabView, Easy 5 и др.) заключается, как и в системной динамике, в описании системы соответствующей математической моделью, состоящей из набора переменных состояний и системы алгебро-дифференциальных уравнений. Но, в отличие от системной динамики, переменные состояния имеют прямой «физический» смысл: координата, скорость и т. д. и не являются агрегатами дискретных объектов. Поэтому данный подход в меньшей степени пригоден для моделирования социальных и экономических систем.

Агентное моделирование и программные продукты: Swarm, RePast, библиотеки на Java или C++ и др. разработаны в различных университетах. Основная парадигма заключается в том, что модель представляется в виде множества отдельных активных объектов (агентов), каждый из которых взаимодействует с другими агентами, образующими для

него внешнюю среду. Агентное моделирование – относительно новое направление в имитационном моделировании, которое появилось в 90-х годах и используется для исследования децентрализованных систем, динамика функционирования которых определяется не глобальными правилами и законами (как в других парадигмах моделирования), а когда эти глобальные правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов группы. Цель агентных моделей – получить представление об этих глобальных правилах, общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении ее отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе.

В отличие от системной динамики или дискретно-событийных моделей, здесь нет такого места, где централизованно определялось бы поведение (динамика) системы в целом. Вместо этого аналитик определяет поведение на индивидуальном уровне, а глобальное поведение возникает как результат деятельности многих (сотен, тысяч, миллионов) агентов, каждый из которых следует своим собственным правилам, живёт в общей среде и взаимодействует со средой и с другими агентами.

В случае моделирования социальных и экономических систем, содержащих большие количества активных объектов (людей, машин, предприятий или даже проектов, активов, товаров и т. п.), которые объединяет наличие элементов индивидуального поведения, от сложных (цели, стратегии) до самых простых (временные ограничения, события, взаимодействия), агентное моделирование является подходом более универсальным и мощным, так как оно позволяет учесть любые сложные структуры и поведения. Другое важное преимущество агентного моделирования в том, что разработка модели возможна в отсутствие знания о глобальных зависимостях: вы можете знать очень немного о том, как вещи влияют друг на друга на глобальном уровне, но, понимая индивидуальную логику поведения участников процесса, можно построить агентную модель и вывести из неё глобальное поведение.

Таким образом, иногда, даже если в принципе и существует, скажем, системно-динамическая модель системы, построить агентную модель может быть проще. И, наконец, агентную модель проще поддерживать: уточнения обычно делаются на локальном уровне и не требуют глобальных изменений. Таким образом, в результате рассмотрения парадигм имитационного моделирования были отмечены преимущества агентно-ориентированного подхода для анализа динамики развития СЭС как систем, содержащих большие количества активных объектов (людей, предприятий). При использовании данного подхода в отличие от остальных отдельные элементы СЭС

Сравнительный анализ сред имитационного моделирования

| Среда имитационного моделирования | № критерия | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| GPSS World | + | + | – | – | – | – | + | – | – | – | – |
| AnyLogic | + | + | + | + | + | + | – | + | – | + | + |

модели могут быть представлены объектами с любым уровнем абстракции.

Наиболее мощным из инструментов, поддерживающих агентное моделирование, является отечественный инструмент AnyLogic компании XJ Technologies, доказавший в последнее время свою мощь и удобство за счет применения объектно-ориентированного подхода, визуального проектирования, дружественного пользовательского графического интерфейса, платформенезависимого языка Java, агентных технологий, технологии гибридных систем. Кроме того, он реализует объединенный подход за счет предоставления возможности создания гибридных моделей на основе моделей системной динамики, дискретно-событийных моделей и агентного подхода.

Таким образом, в наибольшей степени приспособлены для моделирования социальных и экономических систем при решении значительного круга конкретных задач продукты GPSS и AnyLogic, что делает необходимым сравнить именно эти системы.

Известны результаты решения задачи моделирования систем массового обслуживания в GPSS World и AnyLogic: в обеих системах при решении прямой задачи моделирования и оптимизационных экспериментов получены почти одинаковые результаты, которые совпадают с достаточно высокой точностью с результатами аналитического решения задачи [3].

Результаты экспериментов по решению обратной задачи моделирования свидетельствуют, что при одинаковой точности результатов машинное время выполнения модели в GPSS World примерно в разы больше, чем в AnyLogic.

Результаты сравнительного анализа сред имитационного моделирования систем GPSS World и AnyLogic приведены в таблице.

В качестве критериев оценки были выбраны следующие: 1 – лаконичность моделей; 2 – расширенные возможности по экспериментированию; 3 – наличие встроенного аппарата многопарамет-

рической оптимизации; 4 – наличие объектно-ориентированного подхода; 5 – кроссплатформенность моделей; 6 – удобный экспорт и импорт данных из различных приложений; 7 – использование готовых библиотек из Паскаля и Си; 8 – возможности создания интерфейса и анимации процесса; 9 – возможность использования библиотек из GPSS; 10 – возможность одновременного использования всех парадигм в одной модели; 11 – наличие постоянной поддержки среды разработчиками. Таким образом, из указанного сравнения и из работы [4] следует вывод о преимуществах AnyLogic.

Имеющийся у нас опыт подтверждает наряду с другими исследованиями целесообразность применения AnyLogic для решения очень широкого круга задач в области имитационного моделирования социальных и экономических систем, предоставляющего гибкость для решения одной и той же задачи на одной платформе с применением различных уровней абстракции, а также возможность применения различных стилей создания модели и их комбинирования.

Литература

1. Карпов, Ю.Г. *Имитационное моделирование систем: введение в моделирование с помощью AnyLogic 5* / Ю.Г. Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 390 с.
2. Коровин, А.М. *Моделирование систем: учебное пособие к лабораторным работам* / А.М. Коровин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 47 с.
3. Боев, В.Д. *Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов: монография* / В.Д. Боев. – СПб.: ВАС, 2011. – 404 с.
4. Скаткова, Н.А. *Дискриминационный анализ систем имитационного моделирования с использованием версионно-модельной избыточности* / Н.А. Скаткова, Д.Ю. Воронин, К.С. Ткаченко // *Радиоэлектронные и компьютерные системы*. – 2010. – № 7 (48). – С. 49–55.

Поступила в редакцию 18 сентября 2012 г.