***Путилов Максим Викторович***

***магистрант, УрГУПС, г. Екатеринбург***

Анализ программного обеспечения для имитационного моделирования социальных и экономических систем

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

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

Подход системной динамики реализован в 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 социальные, урбанистические и экологические системы. Моделируя в стиле системной динамики, мы представляем структуру и поведение системы как множество взаимодействующих положительных и отрицательных обратных связей и задержек.

Дискретно-событийное моделирование реализуется с помощью Arena, GPSS, Extend, SimProcess, AutoMod, PROMODEL, Enterprise Dynamics, FlexSim, eMPlant и др. Основная парадигма данного подхода заключается в использовании транзактов, отображающих динамические объекты моделирования (заявки), и блоков-объектов, обрабатывающих эти заявки. 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. Проблемной областью GPSS являются такие разновидности моделей СЭС как системы массового обслуживания (системы с очередями).

Появление персональных ЭВМ не могло не отразиться на GPSS. 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. Поток сущностей (транзакций) продвигается по структурной диаграмме, представляющей систему. Транзакции ожидают в очередях, конкурируют за использование ресурсов и блоков, осуществляющих их обработку, а затем покидают систему. Парадигма потокового моделирования оказалась достаточно общей и использовалась во многих программных продуктах.

Основная парадигма подхода динамических систем (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 состояния и системы алгебро-дифференциальных уравнений. Но, в отличие от системной динамики, переменные состояния имеют прямой «физический» смысл: координата, скорость и т.д. 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 используется для исследования децентрализованных систем, динамика функционирования которых определяется не глобальными правилами и законами, 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 системы в целом. Вместо этого аналитик определяет поведение на индивидуальном уровне, а глобальное поведение возникает как результат деятельности многих 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, 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 отсутствии 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. 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 модели могут быть представлены объектами с любым уровнем абстракции.

Наиболее мощным из инструментов, поддерживающих агентное моделирование, является отечественный инструментарий AnyLogic компании XJ Technologies, доказавший в последнее время свою мощь и удобство за счет применения объектно-ориентированного подхода, визуального проектирования, дружественного пользовательского графического интерфейса, платформонезависимого 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 их.

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 1.

Таблица 1 - Сравнительный анализ сред имитационного моделирования

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

В качестве критериев оценки были выбраны следующие:

1 – лаконичность моделей;

2 – расширенные возможности по экспериментированию;

3 – наличие встроенного аппарата многопараметрической 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.

**Список литературы:**

* 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.

* 1. 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.