

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ AnyLogic

К. В. Кумунжиев, А. А. Малыханов (Ульяновск)

Объектно-ориентированный подход (ООП) к анализу и проектированию программных систем лежит сегодня в основе всех новых информационных технологий. И хотя истоки ООП находятся в моделировании, в таких языках моделирования, как Simula и Smalltalk, ООП в моделировании долгое время не развивался, находился в застывшем, заторможенном состоянии. И только в последние годы работы в этом направлении активизируются.

Вместе с тем, владение ООП представляется достаточно важным для современного специалиста. Навыки его применения должны отрабатываться в ряде дисциплин и, безусловно, в дисциплинах, связанных с моделированием. Где и как это может быть реализовано?

Как известно, ООП основан на представлении программы в виде совокупности программных объектов, каждый из которых является экземпляром определенного класса, а классы образуют иерархию с наследованием свойств. Взаимодействие программных объектов в такой системе осуществляется путем передачи сообщений [1]. В основе ООП лежат также такие принципы, как абстрагирование, ограничение доступа, модульность, иерархичность и т. п.

Каким же должен быть язык моделирования, обеспечивающий отработку навыков ООП в моделировании? Естественно, что в нем должны быть реализованы основные принципы ООП, отмеченные выше. Но обязательным мы считаем добавление еще одного требования – преемственности. Такой язык должен включать в себя в качестве частных случаев языки, лежащие в основе традиционных теорий и методов анализа и синтеза систем, и обеспечивать встраивание их фрагментов в объектно-ориентированную модель. Речь идет прежде всего о таких классах моделей, как потоковые, сигнальные, структурные схемы для непрерывных систем, а также стейтчарты и системы массового обслуживания для асинхронных дискретных систем.

В качестве универсального инструмента, соответствующего этим требованиям, была выбрана среда моделирования AnyLogic. Эта среда обладает рядом неоспоримых преимуществ перед другими инструментами моделирования:

- поддержка объектно-ориентированного подхода к моделированию;
- возможность работы пользователя, не знакомого глубоко с каким-либо специализированным языком моделирования, простота входного языка, достигаемая благодаря использованию визуальных компонентов.
- возможность разработки моделей с внутренней логикой любой сложности благодаря подключению программных модулей, написанных на языке Java;
- предоставление удобных средств создания визуального представления модели;
- распространенность системы как в академической среде, так и среди крупных компаний (главным образом, зарубежных), использующих в своей работе имитационное моделирование. В ряде областей AnyLogic стал промышленным стандартом разработки моделей.

Существенным ограничением AnyLogic, в интересующем нас плане, является отсутствие классов, обеспечивающих анализ и встраивание в модель фрагментов в виде потоковых, сигнальных и структурных схем. Для расширения его возможностей нами было проделано следующее.

Потоковые схемы (электрические схемы замещения). Особенность таких моделей в том, что они строятся из набора реализаций классов (сопротивление, индуктив-

ность и т.д.), связанных определенными отношениями (равенство суммы нулю в узлах и контурах).

В AnyLogic обработка непрерывных моделей использует представление модели в виде алгебро-дифференциальных уравнений не выше первого порядка. Поэтому для обработки потоковых схем принят следующий вариант. На базе традиционного описания таких схем модель преобразуется в систему АДУ в нормальной форме и представляется на выходе дополнительной программы в виде alp-файла. Далее этот файл вводится в основную модель как новый класс, с которым можно обращаться как с обычным классом – менять параметры элементов схемы и связывать с другими классами. Для удобного ввода потоковой схемы и формирования файла модели было разработано приложение, использующее обычный табличный ввод. Фрагмент окна показан на рисунке.

Номер	Тип	Исток	Сток	Параметр	Нач. значени
1	E	0	1	12	0
2	R	1	2	5	0
3	C	2	0	1E-4	0.1
4	C	2	3	3.5E-3	0
5	C	3	0	5E-4	0.025
6	L	2	3	0.005	0
7	R	3	0	10	0
12	(null)	0	0	1	0

Рис. 1. Окно приложения для ввода потоковых схем в AnyLogic

При построении модели в формате AnyLogic программа проверяет корректность входных данных. Затем производится анализ модели, устранение противоречий, построение системы уравнений, описывающей модель, представление модели в формате AnyLogic (в виде объекта).

Сигнальные схемы. Класс моделей «сигнальные схемы» можно трактовать как набор классов, на основе реализации которых строится модель [3]. Таких элементов семь и получаются они как частные случаи базового элемента приравниванием нулю отдельных коэффициентов. Математическое описание базового элемента имеет вид:

$$\begin{aligned}
 y &= Kd \sum f_i / dt + R \sum f_i + P \int \sum f_i dt - \sum Dj, \\
 DK &= Kd \sum f_i / dt, DR = R \sum f_i, \\
 DP &= P \int \sum f_i dt, SF = \sum f_i.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Структура математических моделей элементов сигнальных схем диктует очевидное решение – приведение математических моделей к виду, приемлемому для AnyLogic, и создание дополнительной библиотеки.

Структурные схемы. Ситуация здесь аналогична с сигнальными схемами. Модель строится в виде набора из реализаций классов. Таких классов семь и строятся они также на основе базового приравниванием отдельных коэффициентов нулю. Но описание элементов зависит от решаемой задачи. Если решается задача исследования модели

во временной области, то используется описание в виде дифференциального уравнения, которое для базового элемента имеет вид:

$$\begin{aligned} a_n d^n y / dt^n + a_{n-1} d^{n-1} y / dt^{n-1} + \dots + a_0 y = \\ = b_m d^m x / dt^m + b_{m-1} d^{m-1} x / dt^{m-1} + \dots + b_0 x. \end{aligned} \quad (2)$$

Если же предполагается исследование в частотной области, то используется модель в виде передаточной функции:

$$W = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_0}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0}. \quad (3)$$

Для исследования модели во временной области создана библиотека, математическим описанием элементов которой являются уравнения. Среда AnyLogic позволяет создавать модели в классе структурных схем, размещая компоненты модели на экране и соединяя их в требуемом порядке. Пример модели, построенной с помощью библиотеки, показан на рисунке.

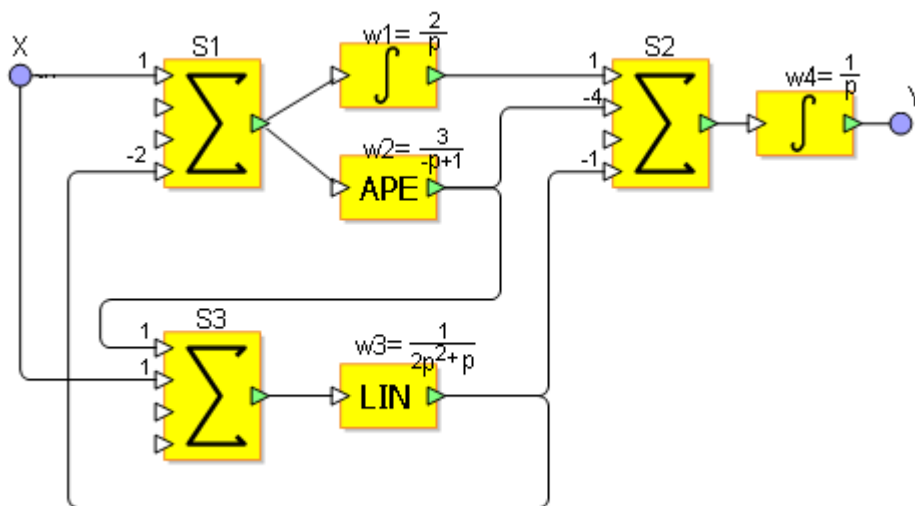


Рис. 2. Модель AnyLogic, построенная с помощью разработанной библиотеки

Реализовать анализ в частотной области в среде AnyLogic не удалось. Поэтому создана дополнительная программа, которая использует описание структурной схемы в виде alp-файла, сворачивает структурную схему в передаточную функцию и выполняет анализ в частотной области. Программа способна читать модели из указанного alp-файла, распознавать входные и выходные переменные структурной схемы, представлять результаты частотного анализа в табличном и графическом виде. Главное окно программы изображено на рисунке.

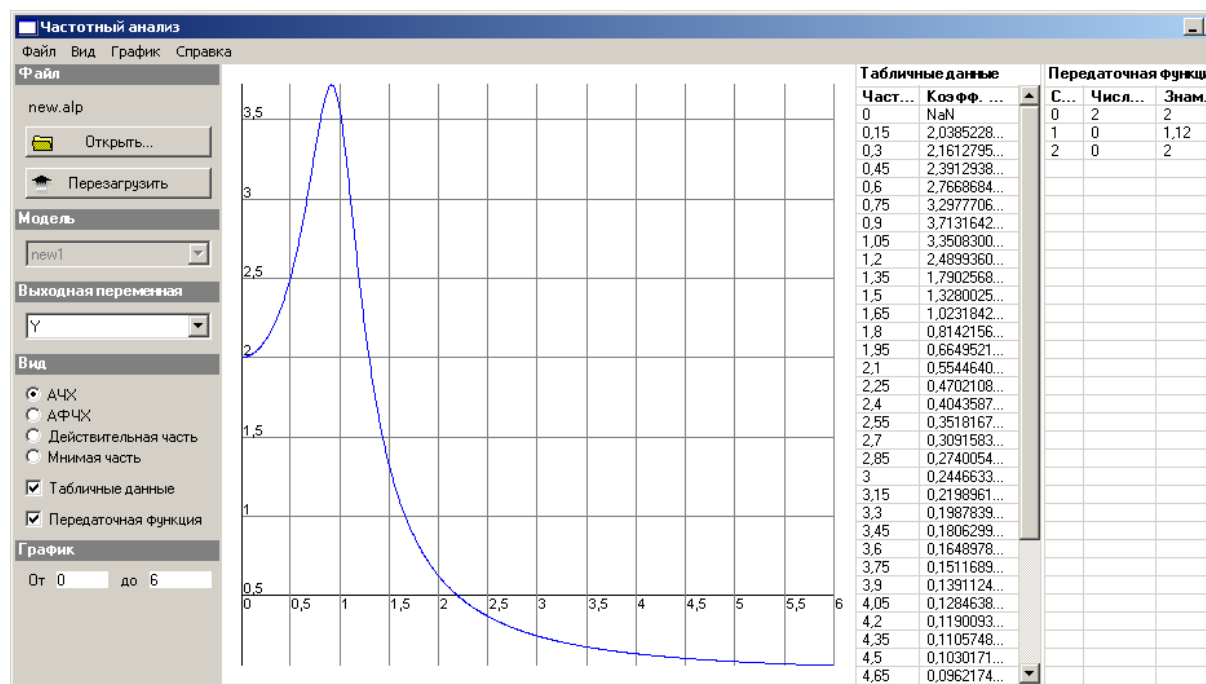


Рис. 3. Окно приложения частотного анализа структурных схем

Процесс отработки навыков моделирования на основе модифицированной среды AnyLogic выглядит следующим образом. На начальных этапах, в соответствии с программами дисциплин, осваивается технология построения и исследования моделей в рамках традиционных классов: потоковые, сигнальные, структурные схемы, стейт-чарты и системы массового обслуживания. Затем обрабатывается технология построения гибридных объектно-ориентированных моделей.

Опыт использования модифицированной среды AnyLogic в лабораторном практикуме дал хорошие результаты. Необходимость поддержки одной программной системы (а в традиционном варианте это 3–4 системы), с одной стороны, удобно в эксплуатации, с другой, снижает затраты времени на освоение. Сами особенности AnyLogic, особенно возможности анимации результатов моделирования, создают положительный эмоциональный фон, резко повышающий результативность учебного процесса.

Литература

1. Иванова Г. С., Ничушкина Т. Н., Пугачев Е. К. Объектно-ориентированное программирование. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003.
2. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5.-СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
3. Кумунжиев К. В. Теория систем и системный анализ. Ульяновск, 2003.