

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ RDO И BPSim2

Д. М. Колосов, К. А. Аксенов (Екатеринбург)

Проводится сравнительный анализ возможностей двух систем имитационного моделирования (СИМ) на основе построения модели автомастерской и результатов моделирования. В ходе сравнения необходимо выяснить, какая из систем обладает наибольшей функциональностью и удобством создания моделей.

В качестве модели взята задача из реальной жизни: необходимо спланировать работу автомастерской, состоящей из двух подъемников. Работа представляет интерес, так как решение может быть найдено с помощью методов имитационного моделирования, теории составления расписаний, эволюционного моделирования.

СДМС BPSim2 [1–2] представляет собой проблемно-ориентированную СИМ. В данной системе данная модель была реализована тремя следующими способами:

1) *на ресурсах* – данный способ реализации применяется в случае простых моделей процессов преобразования ресурсов и является наиболее доступным для неподготовленных пользователей;

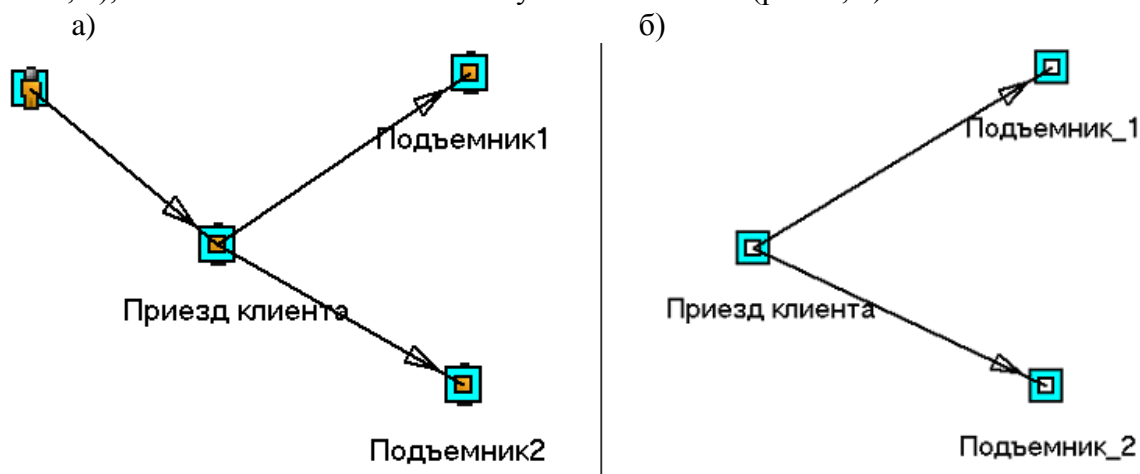
2) *на заявках* (транзактах) – применяется в том случае, когда необходимо различать ресурсы (объекты) и их свойства (атрибуты). В данном способе реализации происходит обработка заявок на обслуживание и их перемещение по узлам модели;

3) *на интеллектуальных агентах* – используется при необходимости описания процессов управления. В данном случае к модели добавляется новый узел – интеллектуальный агент, для которого необходимо описать базу знаний и правила. Синтаксис внутреннего языка программирования для базы знаний агентов очень походит на современные языки высокого уровня. На рис. 1. представлены фрагменты продукционных правил баз знаний интеллектуального агента.

Диагностирование ситуаций		Цели агента (0)	
№	ИМЯ СИТУАЦИИ	IF	THEN
2	Очередность заезда на подъемники 1	(Select{z32,w23354})&(iRes646=0)	{z32_owner=w23355}&(iRes646=1)
6	Очередность заезда на подъемники	(Select{z32,w23354})&(iRes647=0)	{z32_owner=w23356}&(iRes647=1)

**Рис. 1. База знаний интеллектуального агента**

На представленных ниже рисунках можно увидеть модели на ресурсах (заявках) (рис. 2, б), с использованием интеллектуальных агентов (рис. 2, а).



**Рис. 2. Модель: а – на агентах; б – на ресурсах (заявках)**

Общий вид СИМ BPSim2 представлен на рис. 3.

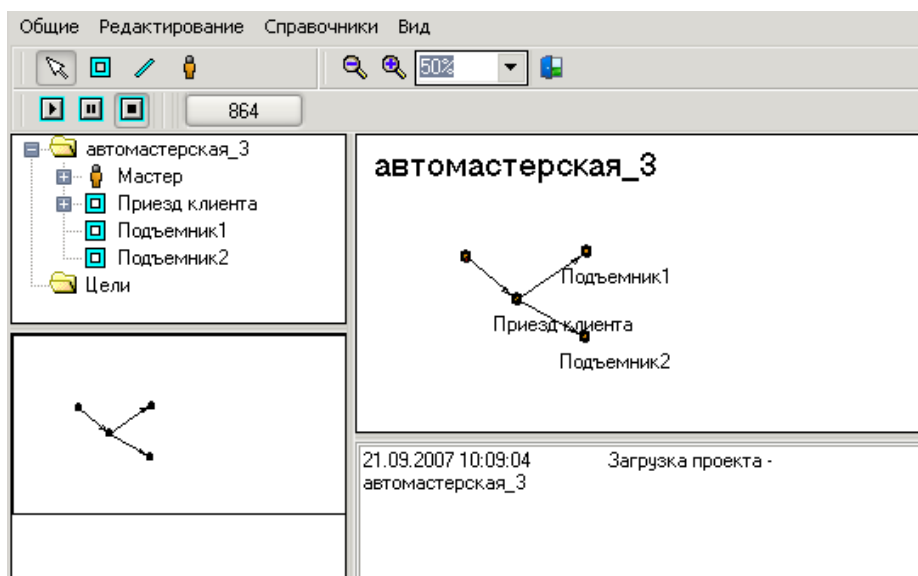


Рис. 3. Общий вид СИМ BPSim2 (3)

Программный комплекс RAO-studio предназначен для разработки и отладки имитационных моделей на языке РДО. Основные цели данного комплекса – обеспечение пользователя легким в обращении, но достаточно мощным средством разработки текстов моделей на языке РДО, обладающим большинством функций по работе с текстами программ, характерных для сред программирования, а также средствами проведения и обработки результатов имитационных экспериментов [2]. Для удобства проектирования пользователю предлагается разделение среды на объекты (табл. 1).

В данной системе отсутствует графический интерфейс для создания моделей, поэтому разработчики создали внутренний язык программирования, основанный на объектно–ориентированной парадигме. Язык является достаточно сложным, поэтому неподготовленному пользователю необходимо пройти некоторое обучение, иначе процесс создания модели может затянуться на неопределенное время.

Таблица 1

## Объекты RDO

PAT	<a href="#">Объект образцов</a>
RTP	<a href="#">Объект типов ресурсов</a>
RSS	<a href="#">Объект ресурсов</a>
OPR	<a href="#">Объект операций</a>
FRM	<a href="#">Объект кадров анимации</a>
FUN	<a href="#">Объект констант, функций и последовательностей</a>
DPT	<a href="#">Объект точек принятия решений</a>
SMR	<a href="#">Объект прогона</a>
PMD	<a href="#">Объект требуемой статистики</a>
PMV	<a href="#">Объект результатов</a>
TRC	<a href="#">Объект трассировки</a>

Аналогично BPSim2 создание модели начинается с описания ресурсов и образцов поведения объектов модели. Преимуществом этой системы является наличие интерфейса визуализации эксперимента, что обеспечивает достаточную наглядность моделируемого процесса. На рис. 4 представлен внешний вид системы:

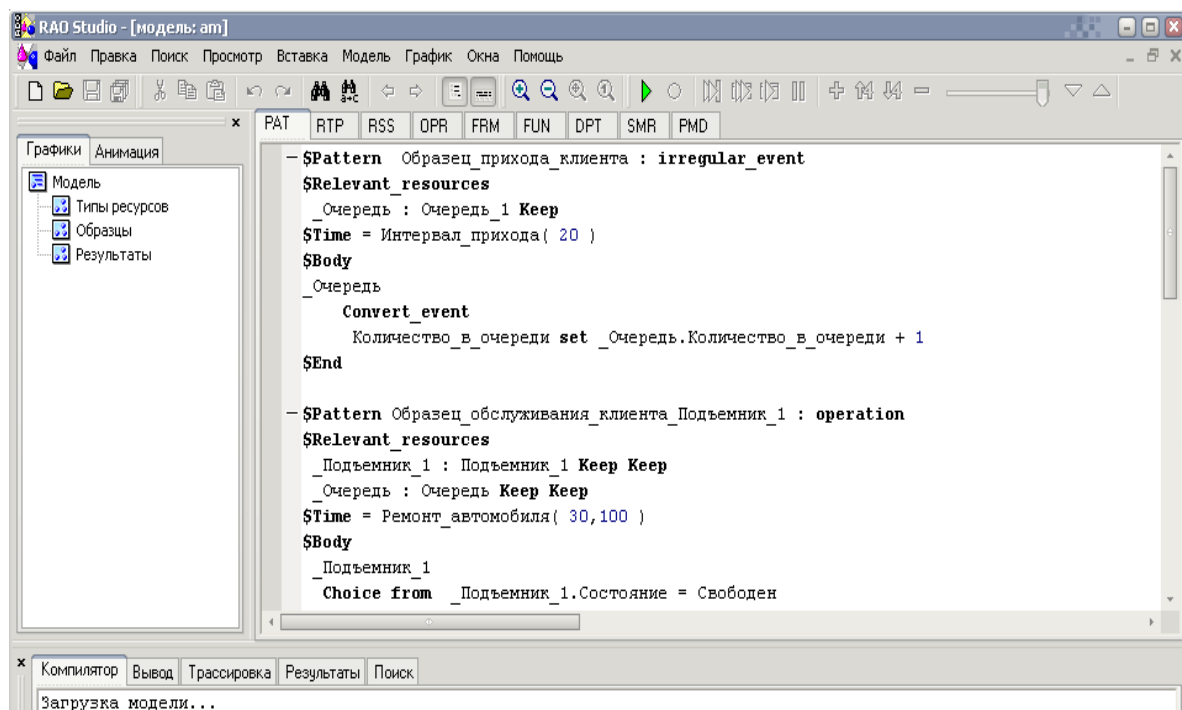


Рис. 4. Внешний вид системы RDO

По синтаксису RDO напоминает один из многих языков объектно-ориентированного программирования высокого уровня. Присутствует возможность автоматической вставки шаблонов кода, что очень удобно. Ниже приведен пример исходного кода модели RDO, в котором описываются образцы поведения объектов модели автомастерской, в частности, образец приезда клиента и образец обслуживания.

```
$Pattern Образец_прихода_клиента : irregular_event
$Relevant_resources
  _Очередь : Очередь_1 Keep
$Time = Интервал_прихода( 20 )
$Body
  _Очередь
    Convert_event
      Количество_в_очереди set _Очередь.Количество_в_очереди + 1
$End
```

```
$Pattern Образец_обслуживания_клиента_Подъемник_1 : operation
$Relevant_resources
  _Подъемник_1 : Подъемник_1 Keep Keep
  _Очередь : Очередь Keep Keep
$Time = Ремонт_автомобиля( 30,100 )
$Body
  _Подъемник_1
  Choice from _Подъемник_1.Состояние = Свободен
  first
  Convert_begin
```

```

Состояние set Занят
Convert_end
Состояние set Свободен
Количество_обслуженных set _Подъемник_1.Количество_обслуженных + 1
_Очередь
Choice NoCheck
first
Convert_begin
Количество_в_очереди set _Очередь.Количество_в_очереди + 1
Convert_end
Количество_в_очереди set _Очередь.Количество_в_очереди - 1
$End
    
```

Как видно, подготовленному пользователю в области программирования, не составит большого труда разобраться в исходном коде любой из моделей. В итоге, после работы с системой можно сделать следующее заключение. Система имеет следующие плюсы:

- создание достаточно сложных моделей (требует навыков программирования);
- реализовано достаточно много видов распределений;
- автоматическое создание шаблонов кода;
- графическая визуализация эксперимента (анимация и графики);
- эволюционное моделирование.

Необходимо отметить сложный язык описания модели, что ограничивает использование системы обычными пользователями-специалистами предметной области. В результате работы с двумя системами был проведен сравнительный анализ их функциональности и составлена таблица (табл. 2).

**Таблица 2**

**Сравнение систем имитационного моделирования**

Параметр	BPSim2	RDO
Проектирование концептуальной модели предметной области	+	+
Язык описания преобразования ресурсов	+	+
Эволюционное моделирование	НЕТ	+
Описание ресурсов, средств, преобразователей	+	+
Наличие внутреннего языка описания	+	+
Мультиагентное моделирование	+	НЕТ
Имитационное моделирование	+	+
Экспертное моделирование	+	+
Ситуационное моделирование	+	НЕТ
Проблемно-ориентированный пользовательский интерфейс, непрограммирующего пользователя	+	НЕТ

**Выводы**

В результате проведенного анализа можно сделать следующее заключение: BPSim2 обладает наиболее полной функциональностью с точки зрения мультиагентного процесса преобразования ресурсов. На основе этой системы возможно построение мультиагентных систем с наименьшими усилиями. Только BPSim2 поддерживает построение мультиагентных моделей, содержащих интеллектуальных агентов, основан-

ных на знаниях. СИМ RAO также поддерживает работу со знаниями в виде продукции. В обеих системах имеется внутренний язык программирования, но, с точки зрения обычного пользователя, наиболее удобными средствами создания/описания модели обладает BPSim2. Также достаточно большим преимуществом BPSim2 является наличие графического интерфейса описания моделей, который отсутствует в RDO, что является первоопределяющим при выборе непрограммирующими пользователями – специалистами предметной области. Хочется отметить интуитивную простоту внутреннего языка BPSim2, по сравнению с языком RDO, где даже самая простая модель содержит несколько сотен строк кода. В пользу RDO нужно отметить четкую структуру и последовательность действий при построении моделей, а также наличие средств визуализации-анимации процесса моделирования, что может представить модель в несомненно приятном для заказчика виде. Также не маловажным аспектом является возможность эволюционного и нейросетевого моделирования.

### Литература

1. **Аксенов К. А., Гончарова Н. В.** Динамическое моделирование мультиагентных процессов преобразования ресурсов: монография. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ УПИ, 2006. 311 с.
2. **Емельянов В. В., Ясиновский С. И.** Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов. Язык RDO. М.: Анвик, 1998. 427 с., ил. 136.