

Анализ систем имитационного моделирования бизнес-процессов

И.М. Якимов

Институт компьютерных технологий и
защиты информации

Казанский национальный исследовательский
технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ
Казань, Россия
e-mail: yakimovigormaks@mail.ru

М.В. Тумбинская

Институт компьютерных технологий и
защиты информации

Казанский национальный исследовательский
технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ
Казань, Россия
e-mail: tumbinskaya@inbox.ru

Аннотация¹

Статья посвящена описанию процесса выбора систем имитационного моделирования и разработки имитационных моделей для сложных и сложнейших экономических процессов в интересах повышения эффективности управления ими.

Данная статья направлена на улучшение и расширение понимания сложного процесса создания имитационной модели бизнес-процессов социальных и экономических систем.

1. Введение

В настоящее время в имитационном моделировании (ИМ) завершился процесс перехода от использования специализированных языков ИМ к системам, основанным на вводе структурных схем (структурных моделей) объектов моделирования, что позволяет отказаться от программированного и перейти к объектно-ориентированному процессу моделированию. В статье [1], названы более десяти объектно-ориентированных систем ИМ. Выбор графических элементов в таких системах ИМ определяется предметной областью, на которую в основном ориентирована система ИМ, и личными предпочтениями разработчиков. В [1] отмечаются лидирующие позиции системы ИМ Arena [2] и вместе с тем весьма вероятный переход пользователей к использованию других систем ИМ. Выбор системы ИМ для русско-язычных пользователей, как правило, затрудняется отсутствием описаний многих систем на русском языке. В данной статье приведено краткое описание пяти «ареноподобных» систем: Bizagi Modeler, Business Studio, Enterprise Dynamics, Simio и Flexsim. По мнению авторов наибольшие шансы занять лидирующие позиции по использованию

имеют две первые из названных систем. Они основаны на нотации моделирования бизнес-процессов (BPMN), которую можно считать дальнейшим развитием нотации, принятой в системе Arena. Под бизнес-процессами в широком смысле будем понимать любую систематическую деятельность в т.ч., например, функционирование систем массового обслуживания.

Предлагаемая статья может помочь в выборе пользователем системы ИМ по представлению структурной модели и по сравнению результатов ИМ с результатами аналитического моделирования (АМ).

2. Анализ систем имитационного моделирования

Система ИМ Bizagi Modeler

Система ИМ Bizagi Modeler [3] для обозначения элементов моделируемых систем использует нотацию моделирования бизнес-процессов (BPMN), разработанную группой компаний Object Management Group, созданной в 1989 году [4]. Год разработки системы Bizagi Modeler – 2007.

Понятия, принятые в системе Bizagi Modeler по отношению к понятиям, принятым в теории массового обслуживания следующие: заявки – сущности, очереди – очереди, ОА – задачи. Для указания маршрутов движения используются стрелки. Для указания условий выбора маршрута движения сущностей используются шлюзы.

Система ИМ Business Studio

Система ИМ Business Studio [5] также как система Bizagi Modeler для обозначения элементов моделируемых систем использует нотацию моделирования бизнес-процессов (BPMN). Разработчиком системы Business Studio является Группа компаний «Современные технологии управления», основанная в 1991 году. Первая версия системы Business Studio разработана в октябре 2004г,

Труды четвертой международной конференции
"Информационные технологии интеллектуальной
поддержки принятия решений", 17 - 19 мая, Уфа,
Россия, 2016

а в марте 2013 года - версия 4.0, которая используется до сих пор.

Так как система Business Studio использует нотацию BPMN, то принятые в ней понятия такие же как в системе Bizagi Modeler.

Система ИМ Enterprise Dynamics

Система Enterprise Dynamics [6] разработана компанией InControl Simulation, организованной в 1998 году. Год разработки системы Enterprise Dynamics – 2004.

Понятия, принятые в системе Enterprise Dynamics: заявки – продукты, очереди – очереди, ОА – серверы. Указателей маршрутов движения и условий выбора маршрутов нет.

Система ИМ Flexim

Система ИМ Flexim [7] разработана компанией Flexim Software Products Inc (ESP), организованной в 1993 году. Год разработки системы Flexim - 2003.

Понятия, принятые в системе Flexim: заявки – сущности, очереди – очереди, ОА – процессоры. Для указания маршрутов движения используются стрелки. Для указания условий выбора маршрута движения сущностей используются шлюзы.

Система ИМ Simio

Система Simio разработана компанией Simio LLC, которая была основана в 2005 году [8]. Основатель и генеральный директор Simio LLC С.Дэнис Пегдэн имеет более чем 30-летний опыт работы в области имитационного моделирования (ИМ). Ранее он основал корпорацию System Modeling, участвовал в создании языков ИМ SLAM и SIMAN и лидирующей на рынке средств ИМ систему Arena [2]. Система Simio сохранив достоинства системы Arena, внесла в неё новые возможности, отвечающие новым требованиям. Девиз компании Simio LLC - «Forward Thinking», что можно перевести как «Прогрессивное мышление» [8].

Понятия, принятые в системе Bizagi Modeler следующие: заявки – сущности, очереди – очереди, ОА – серверы. Для указания маршрутов движения используются стрелки. Указателей условий выбора маршрутов нет.

2. Структурные модели СМО М/М/5

Рассматривается СМО М/М/5 - генератор заявок – очередь – пять обслуживающих аппаратов (ОА). Время между поступлением заявок в систему распределено по экспоненциальному закону со средним 10 единиц времени. Время обслуживания распределено по экспоненциальному закону со средним 30 единиц времени. Очередь неограниченной длины. Завершение моделирования после вывода из системы 10000 заявок.

Структурные модели СМО М/М/5 в системах: Bizagi Modeler, Business Studio, Enterprise Dynamics, Simio и Flexsim приведены на рисунке 1 – рисунке 4.

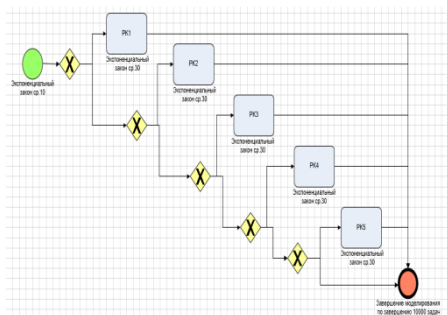


Рисунок 1. Структурная модель в системах Bizagi Modeler и Business Studio

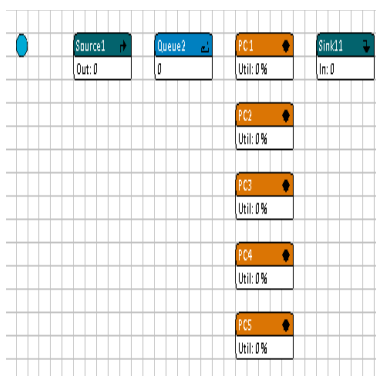


Рисунок 2. Структурная модель в системе Enterprise Dynamics 9.0

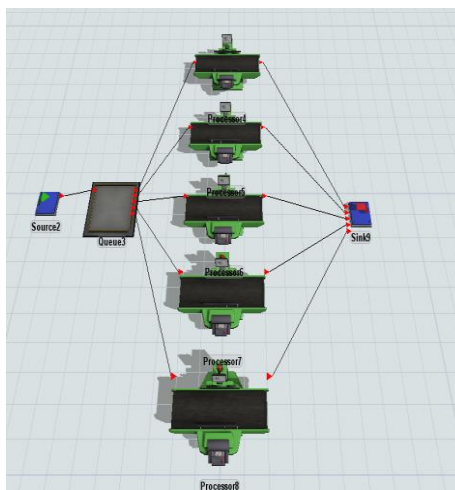


Рисунок 3. Структурная модель в системе Flexsim

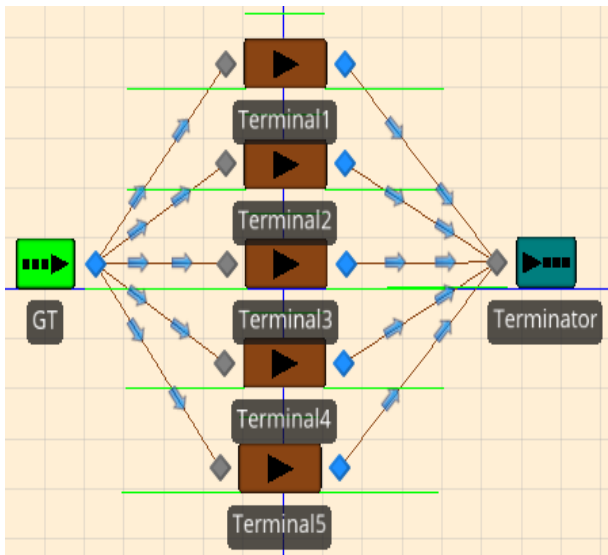


Рисунок 4. Структурная модель в системе Simio

По изображениям структурных моделей СМО сделаем следующие выводы.

Наиболее предпочтительным, по мнению авторов, является представление структур в нотации BPMN, приведённое на рисунке 1, т.к. в ней указываются условия выбора маршрутов движения динамических объектов. Нотация BPMN используется в системах: Bizagi Modeler и Business Studio. В остальных рассматриваемых системах ИМ такой возможности нет.

В системе Enterprise Dynamics 9.0 используются термины: Продукт, Сервер, Контейнер, которые ориентируют систему на моделирование в первую очередь производственных процессов. Недостатком структурной модели в системе Enterprise Dynamics 9.0, приведённой на рисунке 2, является отсутствие стрелок, указывающих движение динамических объектов.

Системы Flexsim и Simio ориентированы на моделирование производственных процессов и информационных систем.

3. Аналитическая модель СМО М/М/5

Основные показатели функционирования СМО М/М/5 вычислены по аналитической модели по формулам, приведённым в [9, 10].

Приведённая плотность поступления заявок в систему:

$$\rho = \bar{t}_{\text{обсл}} / \bar{t}_{\text{инт}} = 30/10 = 3.$$

Вероятность, что в системе заявки отсутствуют:

$$p_0 = \frac{1}{1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \frac{\rho^3}{3!} + \frac{\rho^4}{4!} + \frac{\rho^5}{4!(m-\rho)}} =$$

$$= \frac{1}{1 + 3 + \frac{9}{2} + \frac{27}{6} + \frac{81}{24} + \frac{243}{24}} = 0.045.$$

Вероятность ожидания обслуживания:

$$p_{\text{ожид}} = \frac{\rho^m \cdot p_0}{(m-1)!(m-\rho)} = \frac{4^5 \cdot 0.045}{4! \cdot 2!} = 0.225.$$

Среднее количество заявок в ОА:

$$\bar{m} = \rho = 3. \text{ Среднее количество заявок в очереди.}$$

$$\bar{l} = \frac{\rho \cdot p_{\text{ожид}}}{m - \rho} = \frac{3 \cdot 0.225}{5 - 3} = 0.338.$$

Среднее количество заявок в системе:

$$\bar{k} = \frac{\rho(m - \rho + p_{\text{ожид}})}{m - \rho} = \frac{3(5 - 3 + 0.225)}{5 - 3} = 3.338.$$

Среднее время ожидания:

$$\bar{t}_{\text{ожид}} = \frac{\bar{t}_{\text{обсл}} \cdot p_{\text{ожид}}}{(m - \rho)} = \frac{30 \cdot 0.225}{5 - 3} = 3.381. \text{ Среднее}$$

время пребывания заявок в системе:

$$\bar{t}_{\text{сист}} = \frac{\bar{t}_{\text{ожид}} (m - \rho + p_{\text{ожид}})}{m - \rho} =$$

$$= \frac{30(5 - 3 + 0.225)}{5 - 3} = 33.381.$$

Сравнение результатов имитационного и аналитического моделирования

Результаты ИМ СМО М/М/5 в системах: Bizagi Modeler, Business Studio, Enterprise Dynamics и Simio приведены в таблице 1. Разница результатов ИМ СМО М/М/5 в этих системах ИМ с результатами АМ в процентах приведена в таблице 2.

Таблица 1. Результаты АМ и ИМ СМО М/М/5 в пяти системах ИМ

№	Код	Наименование показателей	АМ	ИМ в Bizagi Modeler	ИМ в Business Studio	ИМ в Enterprise Dynamics	ИМ в Flexsim	ИМ в Simio
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$\bar{m}$	Среднее количество заявок в ОА	3,000	3,075	3,125	2,961	3,120	2,9808
2	$\bar{l}$	Среднее количество заявок в очереди	0,338	0,352	0,369	0,342	0,400	0,3393
3	$\bar{k}$	Среднее количество заявок в системе	3,338	3,427	3,494	3,303	3,520	3,3202
4	$\bar{t}_{\text{ожид}}$	Среднее время ожидания заявок в ОА	30,000	30,790	31,020	30,095	30,240	29,790
5	$\bar{t}_{\text{сист}}$	Среднее время ожидания в очереди	3,381	3,520	3,819	3,474	3,980	3,3900
6	$\bar{t}_{\text{сист}}$	Среднее время пребывания в системе	33,381	34,310	35,040	33,327	34,220	33,180

Таблица 2.Разница результатов ИМ СМО М/М/5 в пяти системах ИМ с результатами АМ в процентах

№	Код	Наименование показателей	АМ	ИМ в Bizagi Modeler	ИМ в Business Studio	ИМ в Enterprise Dynamics	ИМ в Flexsim	ИМ Sim
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$\bar{m}$	Среднее количество заявок в ОА	3,000	2,500	4,167	1,300	4,000	0,640
2	$\bar{i}$	Среднее количество заявок в очереди	0,338	5,376	9,172	1,183	18,343	8,692
3	$\bar{k}$	Среднее количество заявок в системе	3,338	2,667	4,673	1,049	5,452	1,524
4	$\bar{t}_{obs}$	Среднее время ожидания заявок в ОА	30,000	2,633	3,400	0,317	0,800	1,000
5	$\bar{t}_{queue}$	Среднее время ожидания в очереди	3,381	5,274	12,950	2,751	17,717	8,772
6	$\bar{t}_{sys}$	Среднее время пребывания в системе	33,381	2,753	4,970	0,162	2,513	1,589
		Средняя разница в %	-	3,534	6,556	1,127	8,1375	3,703

Проранжируем рассматриваемые системы ИМ по средним значениям разниц между результатами ИМ и АМ, которые характеризуют качество генераторов случайных чисел.

Первое место занимает система Enterprise Dynamics, для которой среднее значение разницы для шести показателей составляет 1,13% и ни один показатель не вышел за пределы в 3%.

Второе место занимает система Bizagi Modeler, для которой среднее значение разницы для шести показателей составляет 3,53% и два показателя вышли за пределы 5%,но не вышли за пределы в 6%.

Третье место занимает система Simio, для которой среднее значение разницы для шести показателей составляет 3,70% и два показателя вышли за пределы 8%,но не вышли за пределы в 9%.

Четвёртое место занимает система Business Studio, для которой среднее значение разницы для шести показателей составляет 6,56% и два показателя вышли за пределы 9%, но не вышли за пределы в 13%.

Пятое место занимает система Flexsim, для которой среднее значение разницы для шести показателей составляет 8, 14% и три показателя вышли за пределы 5%,но не вышли за пределы в 19%.

4. Заключение

По результатам апробирования бесплатных версий систем ИМ:

Bizagi Modeler, Business Studio, Enterprise Dynamics и Simio сделаем следующие выводы.

Наиболее наглядные структурные модели можно построить в системах ИМ, использующих нотацию BPMN: Bizagi Modeler и Business Studio. Нотация BPMN позволяет отобразить в структурных моделях условия изменения маршрутов движения, в т.ч. выбор ОА по заданному условию. Система Bizagi Modeler позволяет регистрировать стандартное отклонение среднего времени ожидания заявок в очереди, система Business Studio – нет.

По качеству генераторов случайных чисел, а, следовательно, и по всем показателям моделирования, наилучшие результаты получены в

системе Enterprise Dynamics. Отметим, что количество промоделированных заявок во всех системах составило 10000. Следует ожидать, что при увеличении количества промоделированных заявок результаты будут улучшаться. В любом случае значительный разброс результатов имитационного моделирования, полученных в анализируемых системах ИМ позволяет рекомендовать обратить самое серьёзное внимание на оценку их качества.

Список используемых источников

1. Борщёв А.В. Имитационное моделирование: Состояние области на 2015год, тенденции и прогноз. Труды седьмой Всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД_2015). Том пленарных докладов. С.14-22.
2. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Костюхина Г.В., Шигаева Т.А. Комплексный подход к моделированию сложных систем в системе BPwin-Arena // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 6. С. 287-292.
3. Якимов И.М. Кирпичников А. П., Мокшин В.В., Аляутдинова Г.Р., Пайгина Л.Р. Имитационное моделирование бизнес-процессов в системе Bizagi Modeler//Вестник технол. Ун-та. 2015. Т.18. №9. С. 236-239.
4. Электронный ресурс: <http://www.businessstudio.ru/procedures/business/notatcia-bpmn>. Дата обращения [15.03.2016]
5. Электронный ресурс: http://www.kstu.ru/article.jsp?id=1910&id_e=23840. Дата обращения [12.03.2016]
6. Электронный ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise_Dynamics. Дата обращения [11.03.2016]
7. Электронный ресурс: <http://www.tripac.com/flexim-licensing>. Дата обращения [10.03.2016]
8. Электронный ресурс: <http://www.simio.com>. Дата обращения [10.03.2016]
9. Кирпичников А.П. Методы прикладной теории массового обслуживания. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2011-200с.
10. Тумбинская М.В. Информационная поддержка при обеспечении защищенности систем интернет-банкинга // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 15 (300). С. 48-58.