

Ю.Р.Валькман, д.т.н., зав. отд., Е.В.Муцаковская, аспирант, МНУЦИТиС  
НАН и МОН Украины

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В БИЗНЕСЕ

This research covers developing the concept of building software for agent-based simulation of business processes in BPMN notation. Building such a system would enable in-depth analysis and visualization of real business.

*Ключевые слова:* бизнес-процесс, bpmn, агенты, имитационное моделирование.

**Введение.** В современном мире бизнеса условия окружающей среды динамично меняются, потому на сегодняшний день могут выжить и успешно работать лишь предприятия готовые к постоянным конструктивным переменам. Вопрос адаптации к изменяющейся среде поднимался и ранее, но стал особенно актуален с началом финансового кризиса, когда от способности подстроиться зависела дальнейшая судьба компании.

Важные структурные изменения фирмы зачастую сопряжены с реинжинирингом бизнес-процессов, который обычно включает три основных этапа:

- интервью со стейкхолдерами;
- графическая визуализация бизнес-процессов AS-IS и MUST-BE;
- внедрение новых процессов в работу предприятия.

Для визуализации процессов в зависимости от потребностей могут использоваться различные нотации, в том числе:

- IDEF0;
- IDEF3 (Work Flow Modeling);
- EPC/еEPC (Event Driven Process Chain / extended Event Driven Process Chain);
- DFD (Data Flow Modeling);
- BPMN (Business Process Modeling Notation).

Все перечисленные нотации имеют один общий недостаток – они связаны лишь с графическим представлением процессов, а потому актуально создание системы имитационного моделирования бизнес-процессов с использованием современных нотаций.

Объектом данного исследования являются возможности применения имитационного моделирования для решения реальных задач бизнеса. Предмет исследования – методы и принципы имитационного моделирования бизнес-процессов. Цель исследования – разработка концепции построения программного комплекса для агентного имитационного моделирования бизнес-процессов в нотации BPMN. Ожидаемые результаты – определение возможностей использования имитационного моделирования в бизнесе.

## 1. Анализ подходов к имитационному моделированию бизнес-процессов

На сегодняшний день существует три основных подхода к имитационному моделированию бизнес процессов [1]:

- дискретно-событийное моделирование;
- системная динамика;
- агентное моделирование.

Рассмотрим их сравнительную характеристику в виде таблицы.

Таблица №1

Характеристика	Дискретно-событийное моделирование (ДСМ)	Системная динамика (СД)	Агентное моделирование (АМ)
Время появления	Начало 1960-х	1961 год	Конец 1940-х, развивается с начала 1990-х
Математический аппарат	Теория массового обслуживания	Теория принятия решений	Теория вероятностей
Тип процессов	Дискретные	Непрерывные	Дискретные
Уровень абстракции	Отражает абстракции низкого и среднего уровня	Предполагает максимальный уровень абстракции модели	Может применяться на любом уровне модели любого масштаба
Основной объект	Пассивный транзакт (заявка на обслуживание)	Накопители (фонды) и потоки между ними	Интеллектуальный агент
Описание	«Перемещаясь» по модели, транзакты становятся в очереди к одноканальным и многоканальным устройствам, захватывают и освобождают эти устройства, расщепляются, уничтожаются. ДСМ можно рассматривать как глобальную схему обслуживания заявок.	СД модель описывает поведение системы и ее структуру как множество взаимодействующих обратных положительных и отрицательных связей и задержек.	АМ предполагает работу с децентрализованной моделью, в которой нет единой точки, определяющей поведение системы в целом. АМ состоит из множества индивидуальных объектов (агентов) и их окружения. Поведение системы описывается на индивидуальном уровне.
Примеры программных комплексов	GPSS, Arena, SimProcess, EnterpriseDynamics, Auto-Mod	DYNAMO, Stella, Vensim, PowerSim, iThink, ModelMaker	AnyLogic, StarLogo, NetLogo

Поскольку в условиях глобализации и экспоненциально растущих скоростей развития особый интерес представляют максимально гибкие и универсальные методы, остановимся детальнее на агентном моделировании.

Агентное моделирование хорошо подходит для систем, содержащих большое количество активных объектов с отчетливо выраженным индивидуальным поведением, и позволяет учесть структуру и поведение любой сложности. Кроме того, оно дает возможность разработки модели даже в отсутствие априорной информации о глобальных зависимостях. Зная индивидуальную логику поведения участников процесса, можно построить агентную модель. В будущем уточнения будут вноситься на локальном уровне по мере накопления данных.

Все бизнес-процессы предприятия в общем случае можно свести к обслуживанию внутренних (ERP) и внешних (CRM) клиентов, а потому агентная концепция подходит для их моделирования как нельзя лучше.

## **2. Анализ существующих программных продуктов**

Важно заметить, что возможности имитации созданных процессов для проверки перед их внедрением в работу компании, заинтересовали специалистов уже давно, а потому на рынке представлены соответствующие программные продукты. Например, AnyLogic, Arena Simulation, IBM WebSphere Business Modeler, Business Studio, GPSS, Casewise Corporate Modeler Suite. Рассмотрим некоторые из них.

Программный комплекс AnyLogic компании XJ Technologies дает возможность воспользоваться каждым из трех подходов к имитационному моделированию. Он отличается хорошо проработанным функционалом, однако, направлен более на научные исследования, чем на моделирование бизнес-процессов реальных предприятий.

Arena Simulation и GPSS также могут предложить пользователю очень гибкий инструмент для моделирования процессов. Но с другой стороны, поскольку в их основе лежит дискретно-событийное моделирование, данные продукты не будут отражать абстракции высокого уровня. Во-вторых, не может быть в полной мере использована технология итерационного моделирования, когда модель постепенно усложняется и уточняется с появлением новой информации, т.к. для получения более-менее точного результата необходимо собрать всю информацию о моделируемой системе.

Продукт BusinessStudio группы компаний «Современные технологии управления» имеет ряд бесспорных достоинств как то: богатый функционал, который позволяет легко проимитировать практически любой процесс, и интеграция с Microsoft Visio. Но, в то же время, не эргономичный и не понятный интуитивно интерфейс вызывает сложности при освоении программы, а применение нотации eEPC в качестве базовой для визуализации процессов создает определенные ограничения в моделировании реального бизнеса и потому требует широкого использования комментариев на диаграммах. То же самое можно сказать и про программы IBM WebSphere


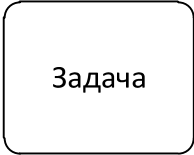


Business Modeler и Casewise Corporate Modeler Suite.

Исходя из вышеизложенного, представляется актуальным создать программный комплекс имитационного моделирования бизнес процессов, отличительными признаками которого будут: использование современной нотации BPMN [2], богатый функционал, а также простота применения в повседневной работе аналитика.

### 3. Основные элементы нотации BPMN

Теперь перейдем к рассмотрению нотации BPMN и ее совместимости с агентным моделированием. Объем данного исследования не предполагает детальный разбор всех элементов нотации и их разновидностей, потому рассмотрим лишь основные элементы BPMN.

Таблица №2

Элемент	Описание
	<p>Пулы и дорожки отражают распределение обязанностей между участниками процесса. Они могут воссоздавать на схеме организацию, роль или систему. Дорожки служат для иерархического разделения пулов и других дорожек.</p>
	<p>Задача в BPMN – это единица работы. Задачи могут быть единичными и циклическими, обязательными и необязательными, простыми и подпроцессами. Существуют также следующие типы задач: отправки/получения сообщений, пользовательские, неавтоматизированные, задача-сервис, задача-сценарий и задача-бизнес-правило. Все перечисленные виды и типы задач выделяются на диаграмме с помощью специальных маркеров.</p>
<p>Поток управления</p> 	<p>Поток управления определяет порядок выполнения задач и отслеживания событий.</p>
<p>Поток сообщений</p> 	<p>Поток сообщений описывает информационный поток между участниками процесса. Поток сообщений может присоединяться к пулам, действиям или событиям.</p>

Элемент	Описание
 <p data-bbox="239 280 379 300">Объект данных</p>	<p data-bbox="516 150 991 268">Объект данных представляет собой информацию, которая обрабатывается в ходе процесса. Например, документ или письмо.</p>
<p data-bbox="132 320 488 376">Оператор исключаящий ИЛИ, управляемый данными</p> 	<p data-bbox="516 320 991 496">При ветвлении направляет поток лишь по одной из исходящих ветвей. При синхронизации потоков оператор ожидает завершения одной входящей ветви и активирует исходящий поток управления.</p>
<p data-bbox="199 504 421 528">Распараллеливание</p> 	<p data-bbox="516 504 991 683">При разделении на параллельные потоки все ветки активируются одновременно. При синхронизации параллельных ветвей оператор ждет завершения всех входящих ветвей и затем активирует исходящий поток.</p>
 <p data-bbox="277 754 340 778">Старт</p>	<p data-bbox="516 691 991 746">Нетипизированное событие, показывающее начало процесса.</p>
 <p data-bbox="262 871 356 895">Таймер</p>	<p data-bbox="516 799 991 855">Циклическое событие, показывающее начало процесса.</p>
 <p data-bbox="165 983 452 1007">Промежуточное событие</p>	<p data-bbox="516 919 991 1007">Нетипизированное событие, показывающее промежуточное событие процесса.</p>
 <p data-bbox="269 1094 348 1118">Финиш</p>	<p data-bbox="516 1031 991 1086">Нетипизированное событие, показывающее окончание процесса.</p>

Как видно из таблицы №2, все элементы нотации BPMN – просты, интуитивно понятны и в должной мере соответствуют элементам процессов реального бизнеса.

#### 4. Сопоставление основных элементов нотации BPMN и понятий агентного моделирования

Поскольку целью данного исследования является разработка концепции построения программного комплекса для агентного имитационного моделирования бизнес-процессов в нотации BPMN, необходимо сопоставить эти два подхода на предмет их совместимости.

Таблица №3

Элемент BPMN	Понятие агентного моделирования
Пул или дорожка	Агент – программно реализованная система, обладающая свойствами автономности, общественного поведения, реактивности и целенаправленной активности [3]. То есть агенты действуют без прямого вмешательства извне, общаются между собой, воспринимают состояния окружающей среды и осуществляют целенаправленное поведение, проявляя инициативу.
Задача	Атомарное действие или комплекс действий агента, выполняемые им по правилам, «защитым» поведенческую схему.
Поток управления	Порядок выполнения агентом действий, «защитый» в поведенческую схему.
Поток сообщений	Возможность агентов «общаться», обмениваясь сообщениями. Полученные сообщения обрабатываются агентами и в дальнейшем могут влиять на принимаемые ими решения.
Объект данных	Информация, обрабатываемая агентами в ходе функционирования.
Оператор исключаящий ИЛИ, управляемый данными	Моделирование принятие агентом решения. Принятое решение может полностью основываться на имеющихся у агента данных либо быть стохастическим, завися от «желания» агента в конкретный момент времени.
Распараллеливание	Распараллеливание потоков выполнения действий наиболее трудно реализуемо при имитационном моделировании, поскольку классический программный код предусматривает последовательное пошаговое выполнение.
Старт	Событие, определяющее начало бизнес-процесса. Если агент был в «спящем» статусе, «старт» которое переводит его в активное состояние.
Таймер	Циклический запуск поведения агента по таймеру.
Промежуточное событие	Промежуточные события и сообщения в ходе процесса, влияющие на поведение агентов в будущем.
Финиш	Событие, определяющее конец текущего бизнес-процесса. Если у агента больше нет активных бизнес-процессов, он переходит в «спящее» состояние.

Из таблицы №3 наглядно видно, что имитационное моделирование бизнес-процессов, реализованных в нотации BPMN, с помощью агентного подхода не только возможно, но и перспективно.

### 5. Параметры функционирования агентов в нотации BPMN

Так как нотация BPMN описывает процессы без привязки к параметрам организационного дизайна предприятия, при проектировании системы необходимо предусмотреть ввод данных параметров, создание экземпляров запускаемых моделей и сбор статистики об их работе.

Таблица №3

Элемент BPMN	Параметры функционирования агентов	Результаты функционирования модели
Пул или дорожка	Количество агентов Паттерны режимов работы (для сотрудников) Вероятности обращения (для клиентов)	Для сотрудников – количество клиентов, в обслуживании (текущее, среднее) Для клиентов – текущая привязка к обслуживающему сотруднику
Задача	Закон распределения времени выполнения Среднее времени выполнения Дисперсия времени выполнения	Количество клиентов (текущее, среднее, итоговое) Среднее время выполнения % затрат времени на задачу в структуре деятельности персонала / в структуре затрат клиента Необходима индивидуальная и коллективная статистика
Поток управления, поток сообщений	Вероятность сбоя при выполнении	К-во успешных / проблемных случаев
Оператор исключающий ИЛИ, управляемый данными	Закон распределения параметра принятия решения Среднее параметра принятия решения Дисперсия параметра принятия решения Априорные вероятности каждой ветки	Статистика принятых решений
Старт	Условие срабатывания	Количество успешных запусков

Элемент BPMN	Параметры функционирования агентов	Результаты функционирования модели
Таймер	Период срабатывания	Количество успешных запусков
Промежуточное событие	Условие срабатывания	Количество успешных запусков
Финиш	-	Количество успешных завершений

**Заключение.** В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что построение программного комплекса для агентного имитационного моделирования бизнес-процессов в нотации BPMN – это реализуемая и крайне актуальная задача. Создание подобной системы позволит аналитику и консультанту:

- Анализировать визуализированные бизнес-процесс на предмет их эффективности;
- Выявлять «узкие» места в работе компании;
- Наглядно демонстрировать работу бизнес-процессов заказчику.

Данная статья продолжает цикл публикаций [4-7], посвященных теме имитационного моделирования бизнес-процессов с помощью мультиагентных технологий.

1. Румянцев М. Средства имитационного моделирования бизнес-процессов / Михаил Румянцев // Журнал «Корпоративные системы» №02, 2007 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.management.com.ua/ims/ims135.html>.
2. Введение в нотацию BPMN 2.0 [Электронный ресурс]. --- Режим доступа: [http://http://www.bpmb.de/images/BPMN2\\_0\\_Poster\\_RU.pdf](http://http://www.bpmb.de/images/BPMN2_0_Poster_RU.pdf)
3. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика / Валерий Борисович Тарасов. – М: Эдиториал УРЭС, 2002 – 352 с.
4. Муцаковская Е.В. Имитационное моделирование бизнес-процессов в фармацевтике / Екатерина Валерьевна Муцаковская // Сборник тезисов САИТ, XI международная научно-техническая конференция УНК ИПСА НТУУ «КПИ», 2009 – с. 534.
5. Валькман Ю.Р., Муцаковская Е.В. Об одном подходе к построению системы имитационного моделирования бизнес-процессов / Ю.Р.Валькман, Е.В.Муцаковская // Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць, 2009- №53 --- с. 54-61.
6. Муцаковская Е.В. Построение системы имитационного моделирования бизнес-процессов на основе мультиагентных технологий / Екатерина Валерьевна Муцаковская // Сборник тезисов САИТ, XII международная научно-техническая конференция УНК ИПСА НТУУ «КПИ», 2010 – с. 467.
7. Муцаковская Е.В. Использование мультиагентных технологий для имитационного моделирования розничных продаж / Екатерина Валерьевна Муцаковская // Конференция «Интеллектуальный анализ информации», 2010 – с. 298-303.

*Поступила 6.09.2010р.*