

РАЗРАБОТКА СЕРВИСА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Камельский В. Д., Аксенов К. А.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия (620002, Екатеринбург, ул. Мира 19), e-mail: wiper99@mail.ru

Одним из перспективных направлений развития средств имитационного моделирования является проблемная ориентация, которая позволяет существенно снизить уровень требований к навыкам в области программирования у конечных пользователей. В данной работе описаны подход к процессам преобразования ресурсов и результаты разработки сервиса имитационного моделирования бизнес-процессов. Математическая модель процесса преобразования ресурсов разработана на основе дискретно-событийного имитационного моделирования и экспертных систем. В рамках данной работы определена математическая модель процесса преобразования ресурсов, состоящая из: производственной системы процесса преобразования ресурсов и структуры правил преобразования. Также в работе проведен анализ моделей бизнес-процессов и на основе мультиагентной модели процесса преобразования ресурсов реализован Интернет-сервис имитационного моделирования бизнес-процессов.

Ключевые слова: Интернет-сервис, имитационное моделирование, мультиагентные системы, бизнес-процесс.

SIMULATION INTERNET-SERVICE DEVELOPMENT OF BUSINESS PROCESSES

Kamelskiy V. D., Aksyonov K. A.

Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Yeltsin

One of perspective directions of simulation and modeling (SM) tool development is the problem - orientation, which allows to lower the requirements that presented to a knowledge level of end users in the programming area essentially. In the given work the results of creation and application of the resources conversion processes theory and SM system BPsim, created on the basis of that theory, are described. The mathematical model of a resource conversion processes is developed on the basis of a means of discrete-event simulation systems and expert systems. Within the framework of mathematical model of a resource conversion processes are defined: production system of the resource conversion processes structure and rules transformation structure, that taking into account of conflicts origin. In this work is analyzed models of business processes. On the basis of multi agent resources conversion process model is developed Internet-service of business process simulation.

Key words: Internet-Service, simulation, multi-agent systems, business process.

Введение

Создание систем имитационного моделирования (СИМ) является одним из перспективных направлений развития систем принятия решений. В настоящее время наблюдается существенный интерес к области мультиагентных систем (МАС), спецификой которых является наличие сообществ взаимодействующих агентов, отождествляющихся с лицами, принимающими решения (ЛПР) [2]. Важной областью применения мультиагентных технологий является моделирование. Подходы к проектированию МАС разделяют на две группы: базирующиеся на объектно-ориентированных методах и технологиях и использующие традиционные методы инженерии знаний [4].

В настоящее время коммерческие продукты, представленные на рынке (AnyLogic, ARIS, G2), являются Desktop-приложениями. Система ARIS позволяет формировать html-страницы с результатами экспериментов и выгружать в Интернет. Система AnyLogic

способна компилировать java-апплеты с разработанными моделями и размещать их в сети. Для начала работы с моделью необходимо выполнить ее полную загрузку на электронное устройство пользователя, проигрывание имитационного эксперимента апплета модели происходит на устройстве пользователя и требует существенных вычислительных ресурсов.

Анализ показал, что наибольшей функциональностью СИМ бизнес-процессов (БП) обладают продукты AnyLogic, VPSim. В направлении сервисно-ориентированной архитектуры развивается только G2. Таким образом, актуальной является задача выбора динамической модели бизнес-процесса и построение на ее основе SaaS-сервиса ИМ.

Анализ моделей бизнес-процессов

С точки зрения динамической составляющей БП, можно выделить следующие основные требования к моделям [1–3]: 1) учет различных типов ресурсов; 2) учет состояния операций и ресурсов в конкретные моменты времени; 3) учет возникновения конфликтов на общих ресурсах и средствах; 4) моделирование дискретных процессов; 5) учет сложных ресурсов (экземпляров ресурсов со свойствами, в терминологии систем массового обслуживания – заявка (транзакт)); 6) применение ситуационного подхода (наличие языка описания ситуаций (языка представления знаний) и механизмов диагностирования ситуаций и поиска решений (механизма логического вывода согласно терминологии экспертных систем (ЭС)); 7) реализация интеллектуальных агентов (моделей ЛПР); 8) описание иерархических процессов.

Рассмотрим следующие подходы и модели мультиагентных систем и БП: 1) модель мультиагентного процесса преобразования ресурсов [2–3]; 2) SIE-модель А. Ю. Филипповича [6]; 3) модели активных и пассивных преобразователей Б. И. Клебанова, И. М. Москалева [5].

Модель мультиагентных процессов преобразования ресурсов

Динамическая модель мультиагентных процессов преобразования ресурсов (МППР) [2–3] была разработана ее авторами на основе модели процесса преобразования ресурсов (ППР) [1] и предназначена для моделирования организационно-технических, БП и поддержки принятия управленческих решений.

Модель ППР разработана на основе следующих математических схем: сетей Петри, систем массового обслуживания и моделей системной динамики. Ключевым понятием модели ППР является преобразователь ресурсов, имеющий следующую структуру: вход, запуск, преобразование, управление, выход. «Запуск» определяет момент запуска преобразователя на основании: состояния процесса преобразования, входных и выходных ресурсов, команд управления, средств. В момент запуска определяется время выполнения

преобразования на основании параметров команды управления и имеющихся ресурсных ограничений.

Модель МППР обладает иерархической структурой, которая описывается с использованием системных графов высокого уровня интеграции. Агенты управляют объектами процесса преобразования на основе содержания базы знаний (БЗ). Агент модели МППР имеет гибридную архитектуру InteRRap [3]. Множество элементов модели мультиагентного процесса преобразования ресурсов (МППР) представляет собой набор [2–3]: $MPPR = \{ Goal, Res, Mech, Order, Op, Agent \}$, где *Goal* – множество целей модели; *Res* – множество ресурсов; *Mech* – множество средств; *Order* – множество заявок; *Op* – множество операций модели; *Agent* – множество агентов модели, содержащих *AgentGoal* (множество целей агентов) и *AgentSolution* (база знаний).

Определена структура продукционной системы МППР в виде:

$$PS = \langle Rps, Bps, Ips \rangle,$$

где $Rps = \{ RES(t) \} \cup \{ MECH(t) \} \cup \{ Order(t) \} \cup \{ Sig(t) \} \cup \{ Message(t) \} \cup \{ U(t) \} \cup \{ G(t) \}$ – текущее состояние ресурсов, средств, заявок, сигналов, сообщений, команд управления, целей (рабочая память); *Bps* – множество правил преобразования ресурсов и действий агентов (база знаний); *Ips* – машина вывода, состоящая из планировщика и машины логического вывода по базе знаний агентов.

Определена структура правила преобразования, которая соответствует структуре операции ППР (Op_k):

$$RULE_k^{OP} = \langle C_a(t), A_{IN}(t_{Ca}), A_L(t_L), A_{UnL}(t_{UnL}), A_{OUT}(t_{End}), Status^R, time_R, prior, kind_p, brk \rangle,$$

$$A_{IN}(t_{Ca}) = \langle A_{in}^{RES}(t_{Ca}), A_{in}^{MECH}(t_{Ca}) \rangle,$$

$$A_L(t_L) = \langle A_L^{MECH}(t_L), A_L^{RES}(t_L) \rangle,$$

$$A_{UnL}(t_{UnL}) = \langle A_{UnL}^{RES}(t_{UnL}), A_{UnL}^{MECH}(t_{UnL}) \rangle,$$

$$A_{OUT}(t_{End}) = \langle A_{in}^{RES}(t_{End}), A_{in}^{MECH}(t_{End}) \rangle,$$

где $C_a(t)$ – условие запуска правила; $A_{IN}(t_{Ca})$ – действия по захвату входных ресурсов ($A_{in}^{RES}(t_{Ca})$) и захвату средств ($A_{in}^{MECH}(t_{Ca})$); $A_L(t_L)$ – действия по прерыванию операции: освобождению захваченных средств ($A_L^{MECH}(t_L)$), которое может сопровождаться соответствующими затратами ресурсов; ($A_L^{RES}(t_L)$) – затраты ресурсов, включая ресурс времени, необходимые для выполнения остановки операции Op_i ; $A_{UnL}(t_{UnL})$ – действия по продолжению выполнения операции: захвату свободных средств ($A_{UnL}^{MECH}(t_{UnL})$), который может сопровождаться соответствующими затратами ресурсов ($A_{UnL}^{RES}(t_{UnL})$) – затраты ресурсов, включая ресурс времени, необходимые для продолжения выполнения операции Op_i ; $A_{OUT}(t_{End})$ – действия по формированию выходных ресурсов ($A_{in}^{RES}(t_{End})$) и

освобождению средств ($A_{in}^{MECH}(t_{End})$); $Status^R = \{wait, active, lock, done\}$ – состояние правила, определенное на конечном множестве состояний: *wait* – ожидание, *active* – выполнение, *lock* – прерывание, *done* – выполнена; $time_R$ – длительность выполнения правила преобразования; *prior* – приоритет правила; *kind_p* – тип приоритета (относительный, абсолютный); $brk = \{true, false\}$ – признак запрета прерывания.

Модель МППР полностью соответствует всем предъявляемым требованиям. На основе вышеизложенной модели МППР была разработана мультиагентная СППР BPsim.DSS [3].

Анализ модели А. Ю. Филипповича

Интегрированная ситуационная, имитационная, экспертная модель А. Ю. Филипповича (SIE-модель) представлена в работе [6]. В силу того, что данная модель ориентирована на проблемную область допечатных процессов (полиграфии), отдельные ее фрагменты изложим в терминах модели ППР.

SIE-модель представлена в виде нескольких различных уровней, соответствующих имитационному, экспертному и ситуационному представлениям информации. Первый уровень модели предназначен для описания структуры системы. Для этого каждому объекту (субъекту) сопоставляется блок. Все блоки соединяются между собой каналами взаимодействия. По этим каналам могут перемещаться динамические объекты (транзакты). Каждый блок определенное время обрабатывает транзакт и задерживает его на время, которое определяется интенсивностью работы устройства. Блоки не изменяют характеристики транзактов [6].

В мультиагентной ситуационной модели ППР [2] транзактам и блокам SIE-модели могут соответствовать соответственно ресурсы (*Res, Order, Message*) и преобразователи (*Op, PR, Junction, Sender, Resiver*), с учетом того, что они могут изменять характеристики транзактов.

Для описания событий, которые могут возникать в результате обработки транзактов, изменения состояний объектов и поступления внешней информации используется второй уровень SIE-модели, называемый событийным. Третьим уровнем SIE-модели является *ситуационный уровень*. Он предназначен для укрупненного моделирования системы. Каждому объекту на структурном уровне сопоставляется микроситуация. Ситуационное моделирование заключается в задании некоторых характеристик, отдельных ситуаций и в определении с помощью ЭС оказываемых влияний. Для описания объектов в БЗ, отношений между объектами и в качестве языка машины логического вывода на экспертном уровне SIE-модели используется специальный ситуационный язык, базирующийся на логике предикатов первого порядка и фреймах [6].

Анализ SIE-модели позволяет сформулировать следующие выводы:

1. *SIE-модель, предложенная А. Ю. Филипповичем, может служить базой для создания мультиагентной модели БП.*

2. *Рассмотренная в данном разделе модель имеет следующие достоинства: аппарат / механизм диагностирования ситуаций; сочетание имитационного, экспертного и ситуационного подходов.*

3. *SIE-модель не удовлетворяет следующим требованиям мультиагентной модели БП: наличию модели ЛПП (агента) и сообществ агентов; проблемной ориентации на бизнес-процессы.*

Модель И. М. Москалева, Б. И. Клебанова

В работе И. М. Москалева, Б. И. Клебанова [5] представлена математическая модель ППР, спецификой которой является выделение пассивных и активных преобразователей. Основой данной модели выступила модель дискретного процесса преобразования ресурсов [1] и ее расширение мультиагентным подходом [2]. В общем случае смешанная модель ППР, включающая активные и пассивные преобразователи, представима в виде графа. В такой модели вершины графа X образуют пассивные преобразователи, активные преобразователи, парки средств и хранилища ресурсов, а множество дуг представлено ресурсными и информационными потоками, потоками на средства.

Модель активных и пассивных преобразователей ориентирована на решение задач планирования производства и опирается на теорию составления расписаний. У данной модели не проработана возможность реализации интеллектуальных агентов (моделей лиц, принимающих решения) с продукционной БЗ, а также реализация языка описания ситуаций и механизмов диагностики ситуаций и поиска решений.

Как следует из проведенного сравнительного анализа, всем требованиям модели мультиагентного бизнес-процесса отвечает модель МППР. Также в качестве теоретической основы реализованного метода можно использовать SIE-модель, достоинством которой является проработка вопросов интеграции имитационного, экспертного и ситуационного моделирования.

Разработка SaaS-сервиса имитационного моделирования

За основу сервиса имитационного моделирования взята трехуровневая архитектура, состоящая из следующих элементов: клиентской части, агента мониторинга, сервера имитационного моделирования, базы данных сервера имитационного моделирования.

Дизайн приложения был спроектирован и адаптирован под наиболее распространенные браузеры пользователей (рис. 1).

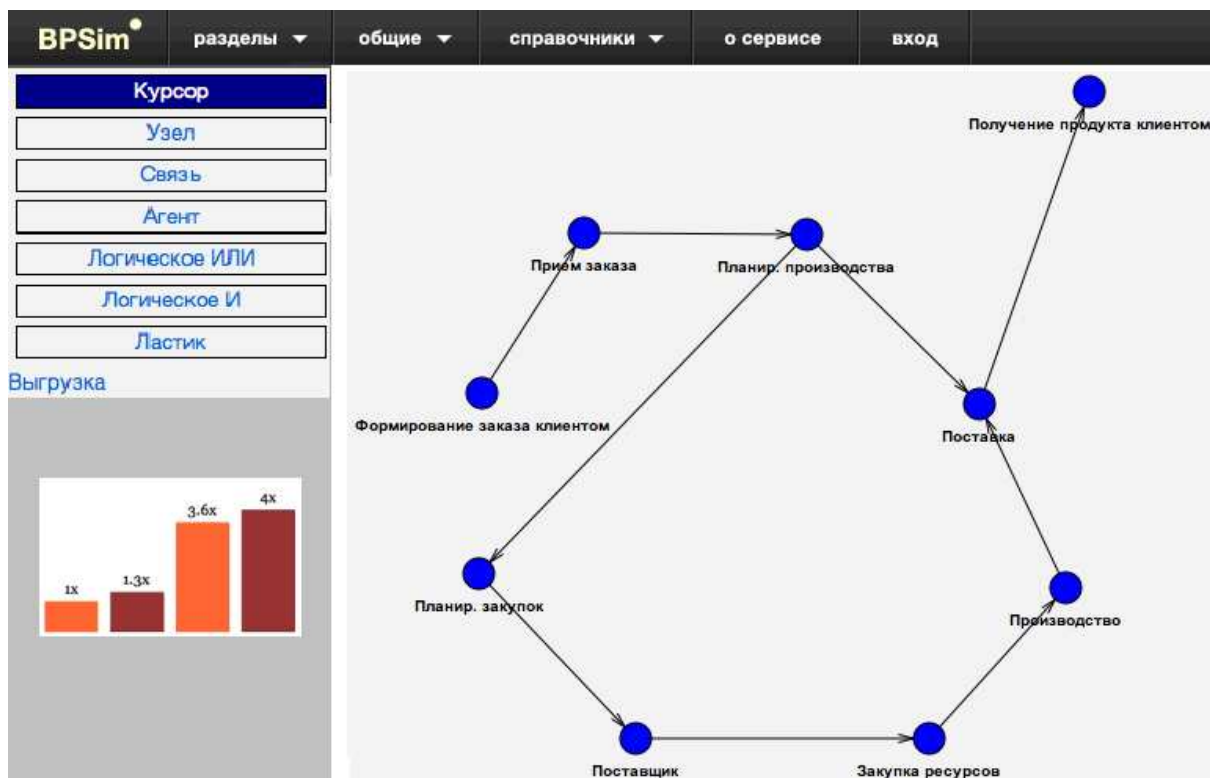


Рис. 1. Интерфейс при работе с моделью БП

Основные функции сервиса имитационного моделирования:

- 1) разработка имитационной мультиагентной модели бизнес-процесса;
- 2) проведение имитационного эксперимента;
- 3) анализ результатов эксперимента.

Заключение

Полученные данные в ходе этой работы позволили провести анализ текущего развития систем имитационного моделирования бизнес-процессов (таких как, AnyLogic, ARIS, BPsim, G2) и выделить требования к новой системе, ориентированной на работу в сети Интернет. Был проведен сравнительный анализ существующих моделей динамических БП и взята за основу модель мультиагентного процесса преобразования ресурсов. Проведена разработка прототипа SaaS-сервиса имитационного моделирования бизнес-процессов.

Список литературы

1. Аксенов К. А. Исследование и разработка средств имитационного моделирования дискретных процессов преобразования ресурсов: Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / ГОУ ВПО «УГТУ–УПИ». Екатеринбург, 2003. 188 с.
2. Аксенов К. А., Гончарова Н. В. Динамическое моделирование мультиагентных процессов преобразования ресурсов. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2006. 311 с.

3. Аксенов К. А., Шолина И. И., Сафрыгина Е. М. Разработка и применение объектно-ориентированной системы моделирования и принятия решений для мультиагентных процессов преобразования ресурсов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского Государственного Технического Университета. 2009. № 80. С. 87-97.
4. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Интеллектуальные информационные системы: Учебник. М.: Финансы и статистика, 2004. 424 с.
5. Москалев И. М. Система анализа и оптимизации процессов преобразования ресурсов: Дис. канд. ... техн. наук: 05.13.01 / И. М. Москалев. Екатеринбург, 2006. 170 с.
6. Филиппович А. Ю. Интеграция систем ситуационного, имитационного и экспертного моделирования. / А. Ю. Филиппович. М.: Изд-во «ООО Эликс+», 2003. 310 с.
7. Швецов А. Н. Модели и методы построения корпоративных интеллектуальных систем поддержки принятия решений: Дис. ... д-ра. техн. наук: 05.13.01 / А. Н. Швецов. Санкт-Петербург, 2004. 461 с.

** Работа выполнена в рамках государственного контракта 02.740.11.0512.*

¹ ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина».

Рецензенты:

Поршнев Сергей Владимирович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Автоматики и информационных технологий, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Доросинский Леонид Григорьевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Информационных технологий, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург.