

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА И УСТРАНЕНИЯ УЗКИХ МЕСТ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПРОЦЕССА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ

Аксенов К.А.¹

¹ФГАОУ ВПО «Уральский Федеральный Университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия (620002, Екатеринбург, ул. Мира 19), e-mail: wiper99@mail.ru

В работе рассмотрен метод анализа и устранения узких мест технологических, логистических и организационных бизнес-процессов. Для анализа и моделирования технологических, логистических и организационных бизнес-процессов применяется подход мультиагентных процессов преобразования ресурсов. Метод анализа и устранения узких мест мультиагентного процесса преобразования ресурсов основан на интеграции модели процесса преобразования ресурсов, операционного анализа вероятностных сетей, мультиагентного подхода и экспертных систем. Решена задача представления мультиагентного процесса преобразования ресурсов в виде многоканальной системы массового обслуживания. В связи с этим является актуальным сравнение нового метода анализа и устранения узких мест мультиагентных моделей процессов преобразования ресурсов с существующими. Метод анализа и устранения узких мест мультиагентного процесса преобразования ресурсов программно реализован в автоматизированной системе выпуска металлургической продукции.

Ключевые слова: мультиагентное моделирование, узкое место, процесс преобразования ресурсов, технологические операции, автоматизированная информационная система

THE COMPARISON OF METHODS OF ANALYSIS AND BOTTLENECKS ELIMINATION OF MULTI AGENT RESOURCES CONVERSION PROCESS

Aksyonov K.A.¹

¹Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, street Mira, 19), e-mail: wiper99@mail.ru

In this paper is considered the method of analysis and bottlenecks elimination of technological, logistical and business processes. For technological, logistical and business processes analysis and simulation are used multi agent resources conversion process approach. Method of analysis and bottlenecks elimination of multi agent resources conversion process based on resources operation analysis of probability networks, conversion process model, simulation, multi agent approach and expert systems. The task of representation multi agent conversion process in form of multi channel queue system. Due to this an important problem emerges – a problem of comparison analysis of methods of analysis and improvement of multi-agent models of resources conversion process. Method of analysis and bottlenecks elimination of multi agent resources conversion process are implemented in metallurgical enterprise information system.

Keywords: multi-agent simulation, bottlenecks, resource conversion processes; technological operations; automated information system.

Для формализации, имитационного моделирования и анализа технологических, логистических и организационных бизнес-процессов в автоматизированной системе выпуска металлургической продукции (АС ВМП) [1, 6, 10] используется мультиагентная модель процесса преобразования ресурсов (МППР) [4]. К основным элементам модели МППР относятся следующие [4]: операции, агенты, источники и приемники ресурсов, процессы, перекрестки, ресурсы, средства, заявки. Ниже рассмотрим варианты представления мультиагентного процесса преобразования ресурсов в виде многоканальной системы массового обслуживания.

Представление мультиагентного процесса преобразования ресурсов в виде многоканальной системы массового обслуживания

Элементы процессов преобразования ресурсов представляют собой совокупность из $N < \infty$ операций Op_i , из которых i -я операция характеризуется случайным временем обслуживания $t_{обсл}$ с функцией распределения $Gi(x)$. Заявка, поступающая на Op_i , занимает свободные ресурсы и средства преобразования.

Элементарной операции процесса преобразования ресурсов (Op_k), соответствует следующая структура [4]:

$$Op_k = \langle f, in, out, u, h_{Op}, g_{Op}, c_a, mech, Status_{Op}, time, prior, kind_prior, break_off \rangle \quad (1)$$

где f – функция, реализуемая операцией; $in = \{in_1, \dots, in_n\}$ – множество входов, различных типов; $out = \{out_1, \dots, out_m\}$ – множество выходов, $out = f(in)$; $u = \{u_1, \dots, u_z\}$ – множество команд управления; $h_{Op} = \{h_{Op}^1, \dots, h_{Op}^k\}$ – характеристики операции; g_{Op} – цели операции (требуемые значения характеристик операции), $g_{Op} \subseteq h_{Op}$; c_a – условие запуска операции; $mech = \{mech_1, \dots, mech_q\}$ – средства преобразования; $Status_{Op} = \{wait, active, lock, done\}$ – состояние операции, определенное на конечном множестве состояний: *wait* – ожидание, *active* – выполнение, *lock* – прерывание, *done* – выполнена; *time* – длительность выполнения преобразования; *prior* – приоритет операции задает очередность выполнения операций, может быть описан постоянной величиной или функцией, т.е. быть статическим или динамическим; *kind_prior* – тип приоритета (относительный, абсолютный); *break_off* = $\{true, false\}$ – признак запрета прерывания, если «*true*» – правило не может прерываться.

Для того чтобы перейти в состояние *active*, операция должна проверить условие запуска $Action_{Ca}:Ca(t)$. Если $Ca(t)=true$, то операция переходит в состояние *active*. Условие запуска (Ca) в общем виде задается следующим образом [4]:

$$C_a(t) = C_a^{in}(t) \wedge C_a^{out}(t) \wedge C_a^u \wedge C_a^{mech}(t) \wedge C_a^{status}(t) \wedge C_a^{time}(t) \quad (2)$$

где C_a^{in} – условие наличия необходимых входных ресурсов; C_a^{out} – условие учета ограничений выхода; C_a^u – условие наличия разрешающих команд управления; C_a^{mech} – условие готовности необходимых средств; C_a^{status} – условие готовности к исполнению; C_a^{time} – условие запуска по времени.

Одним из основных элементов модели процессов преобразования ресурсов является очередь заявок. *Очередь заявок* – массив данных, предназначенный для упорядоченного хранения и обработки приходящих заявок. Очередь заявок, учитывая динамическую природу заявок, определяется следующим образом [4]: $Queue_k^r(t) = \{Order_j^1, \dots, Order_j^1, \dots, Order_j^m\}$, где $Queue_k^r$ – k -я очередь на выходе r -й операции, $Queue_j^l$ – заявки в очереди.

Модель обслуживания заявок имеет следующие информационные потоки (рис. 1): 1 – входные сигналы о пришедших заявках, 2 – сигналы требований на заявки, 3 – сигналы о потерянных заявках, 4 – сигналы о заявках, ушедших на обслуживание, 5 – сигналы об обслуживаемых заявках. Для компактности рисунка ресурсы и средства не приведены.

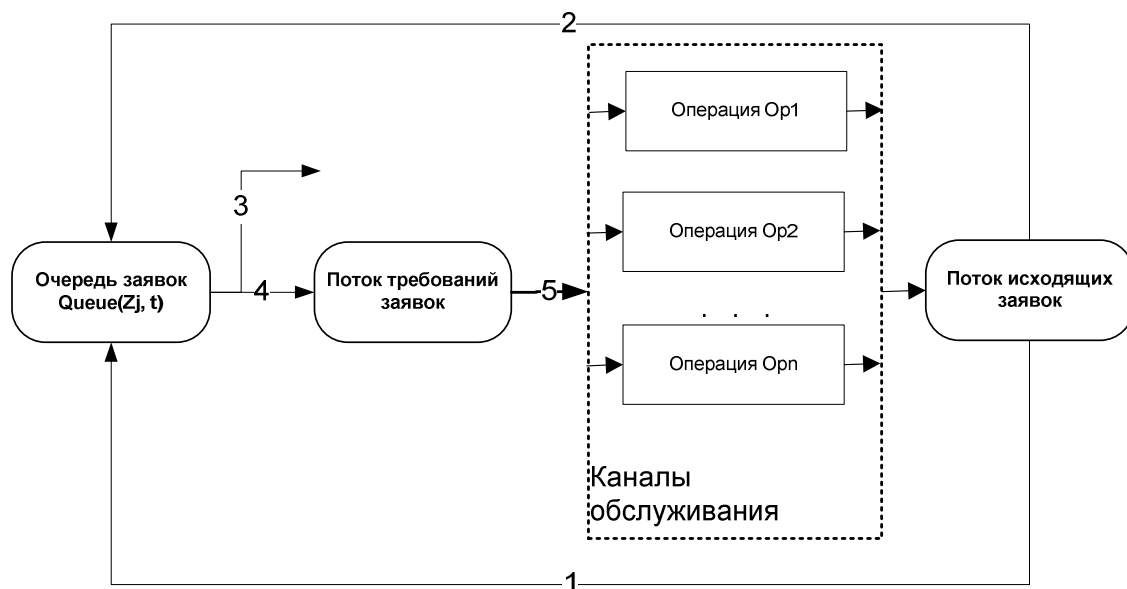


Рис. 1. Представление элементов модели МППР (каналы обслуживания – параллельные операции) в виде многоканальной системы массового обслуживания

Каждой заявке соответствует следующая структура [4]:

$$Order_j = \langle name, count, real, lock, owner, parent, prior, t_{create}, t_{wait} \rangle \quad (3)$$

где *name* – имя заявки *j*-го типа, *count* – заказываемый объем работ *j*-го типа, *real* – выполненный объем работ *j*-го типа, *lock* = {*true*, *false*} – признак блокировки заявки, устанавливается в «*true*» на время обработки операцией, «источником» или «приемником», *owner* – если *lock* = «*true*», то имя элемента, обрабатывающего заявку, иначе – имя последнего блока, обработавшего заявку, *parent* – имя блока, создавшего заявку, *prior* – приоритет заявки, *t_{create}* – время создания заявки, *t_{wait}* – время ожидания заявки в очереди.

Динамика модели обслуживания заявок выглядит следующим образом.

1. Приходящие заявки, обладающие определенным набором параметров, выстраиваются в *накопителе* по мере их поступления.
2. По сигналу, получаемому от элементов модели МППР, накопитель выдает очередную заявку вовне.

3. Если в момент получения такого сигнала очередь пуста, то сигнал запоминается очередью, и заявка вонне выдается в момент ее поступления в очередь.
4. Если в пустую очередь поступает несколько сигналов о выдаче заявок, то они удовлетворяются по мере их поступления и с учетом приоритета.
5. В момент поступления заявки в очередь формируется случайное время t , имеющее функцию распределения F и являющееся предельно допустимым временем пребывания заявки в очереди, по истечении которого заявка теряется.

Интеллектуальный агент МППР (агент на производствах), у которого отдельные продукционные правила соответствуют операциям из $\{Op_1, \dots, Op_n\}$ (вместо параллельных операций, моделирующих каналы обслуживания), также может быть реализован в виде многоканальной системы массового обслуживания (рис. 2).

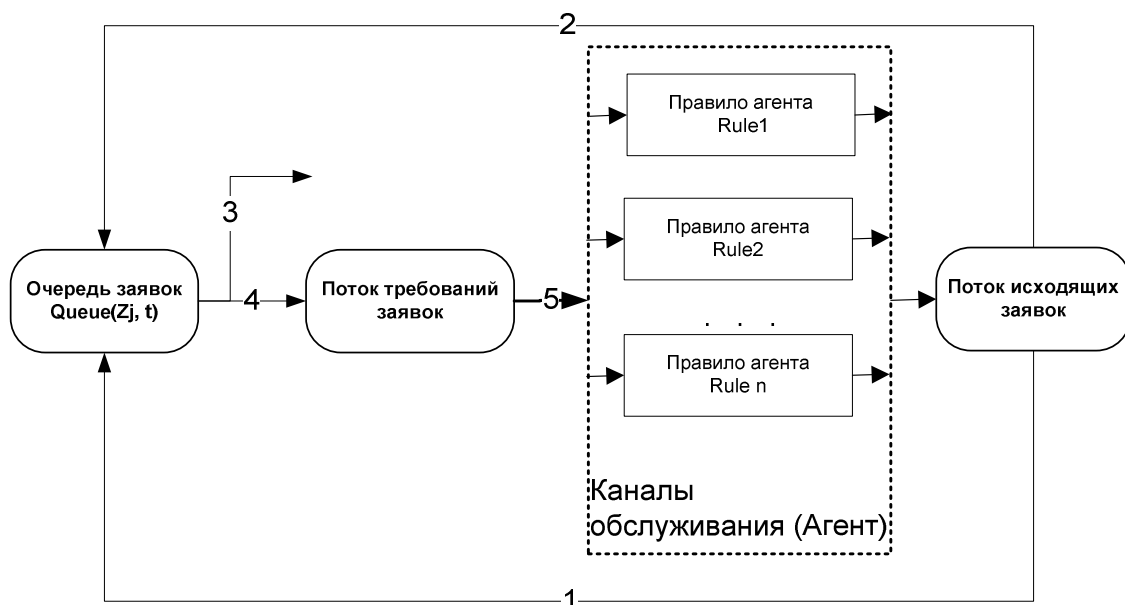


Рис. 2. Представление элементов модели МППР (каналы обслуживания – правила агента) в виде многоканальной системы массового обслуживания

Метод анализа и устранения узких мест мультиагентного процесса преобразования ресурсов

Метод анализа и устранения узких мест мультиагентного процесса преобразования ресурсов детально описан в [3]. Метод разработан для анализа и устранения узких мест процессов предприятия (технологических, логистических, организационных бизнес-процессов). В качестве теоретической основы метода использованы операционный анализ вероятностных сетей, имитационное моделирование, мультиагентный подход.

Метод программно реализован в АС ВМП [1, 6, 10]. Предварительным этапом работы метода являются создание и доработка (модификация) модели процесса предприятия в модуле создания моделей процессов [3].

В результате проведения эксперимента в модуле оптимизации процессов предприятия формируется статистика выполнения операций, функционирования агентов, расходования и формирования ресурсов и заявок и использования средств в операциях процесса МППР. По результатам анализа экспериментов диагностируются узкие места, принимается решение о свертке/развертке процесса МППР (устранении узких мест). Критерием остановки метода анализа и устранения узких мест процесса преобразования ресурсов является снижение времени ожидания до допустимых значений по всем блокам. Работа метода в АС ВМП завершается выдачей рекомендаций по изменению исследуемого процесса для дальнейшего использования в типовом постоянно действующем бизнес-процессе металлургического предприятия по изменению производственных процессов [3].

Сравнение метода анализа и устранения узких мест мультиагентного процесса преобразования ресурсов с близкими методами

В силу того что в настоящее время не существует методов анализа и устранения узких мест процессов (технологических, логистических, организационных бизнес-процессов), для сравнения разработанного метода анализа и устранения узких мест процесса выбраны близкие (частично решающие задачи нового метода) следующие методы:

а) методология моделирования распределенных систем управления бизнес-процессами макропредприятий Д.В. Александрова [5];

б) методика реинжиниринга бизнес-процессов на основе интеграции методов структурного анализа, экспертных систем и формальных грамматик Е.П. Коннова [8].

Методология моделирования распределенных систем управления бизнес-процессами макропредприятий Д.В. Александрова [5] ориентирована на решение задач моделирования бизнес-процессов, проектирования распределенной информационной системы и последующего мониторинга выполнения бизнес-процессов. В части сравнения метода анализа и устранения узких мест анализ работы [5] позволяет выделить следующие недостатки данной методологии.

1. Оригинальная авторская методика «тактического реинжиниринга бизнес-процессов» не ориентирована на масштабные преобразования модели процесса предприятия и использует моделирование структур на основе системы IDEF0-моделей. Данная методика в большей степени ориентирована на корректировку проекта организационной структуры и соответствующих документов (структурной схемы, штатного расписания, положения о структурных подразделениях, должностных инструкций, контрактов работников).

2. Этап методологии «Анализ моделей бизнес-процессов и расчет ресурсов для их выполнений» использует в своей основе подход «Bill of Material (BOM)», более применимый

в оперативном управлении и программной реализации ERP-систем, чем для задач анализа и устранения узких мест имитационного моделирования.

3. В качестве аппарата имитационного моделирования используются раскрашенные сети Петри, к недостаткам которых в сравнении с выбранным методом имитационного моделирования МППР можно отнести следующее:

- 1) ограничения по возможностям построения сложных моделей процессов:
 - 1.1) объекты, моделирующие ресурсы – «фишки» и их экземпляры не отличимые (не эквивалентны заявкам/транзактам систем массового обслуживания (СМО));
 - 1.2) модели прерываний операций сложно реализовывать;
 - 1.3) модели процессов, реализуемые на основе раскрашенных сетей Петри, тяжело анализировать;
- 2) сложность формализации сценариев принятия решений (построения моделей ЛПР, работающих со знаниями), т.е. не поддерживаются модели агентов при имитационном моделировании процессов предприятия. Агентный подход применяется только при проектировании распределенного программного приложения информационной системы управления предприятием.

Методика реинжиниринга бизнес-процессов на основе интеграции методов структурного анализа, экспертных систем и формальных грамматик, предложенная Е.П. Конновой [8], опирается на теоретические работы Г.Н. Калянова [7] и Ю.Ф. Тельнова [9]. Для описания процесса в данной методике используется структурный подход. Основное внимание при описании процесса уделяется описанию информационных потоков и привязке ресурсов к организационной структуре предприятия (принадлежность ресурса подразделению предприятия). При анализе вариантов выполнения бизнес-процессов используется экспертная система, основанная на «классических» правилах реинжиниринга бизнес-процесса, причем количественный анализ динамических характеристик процесса не проводится. Сама методика Е.П. Конновой алгоритмизирует и автоматизирует процесс оценки и анализа исходного выполнения бизнес-процесса с целью нахождения альтернативных вариантов его выполнения, удовлетворяющих базовым принципам реинжиниринга. К недостаткам данного метода по сравнению с предложенным относятся следующие:

- 1) отсутствие возможности анализа динамических характеристик процесса и поиска узких мест, а также проведение структурных и параметрических изменений модели процесса и их проверки на имитационной модели;
- 2) отсутствие средств формализации сценариев принятия решений (построения моделей ЛПР, работающих со знаниями);

3) осуществление изменений в процессе только на уровне организационной структуры.
 Результаты сравнительного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение методов анализа узких мест

№ п/п	Параметр	Методология Александрова Д.В.	Методика Конновой Е.П.	Новый метод
1	Язык описания процессов преобразования ресурсов			
1.1	- Описание ресурсов, средств, преобразователей	ДА	ДА	ДА
1.2	- Элемент заявка/транзакт	НЕТ	НЕТ	ДА
1.4	- Иерархическая модель процесса	ДА	ДА	ДА
2	Построение мультиагентной модели процесса			
2.1	- Элемент агент	НЕТ	НЕТ	ДА
2.2	- База знаний агента	НЕТ	НЕТ	ДА
3	Имитационное моделирование	ДА	НЕТ	ДА
4	Экспертное моделирование	НЕТ	ДА	ДА
5	Анализ узких мест модели	НЕТ	НЕТ	ДА

Анализ близких подходов к разработанному методу анализа и устранения узких мест мультиагентной модели показал, что близкие подходы используют в своей основе классический подход реинжиниринга бизнес-процессов и не имеют достаточной математической базы для проведения количественного имитационного анализа и моделирования процессов (нет элементов заявка/транзакт и агент).

Заключение

Проведено сравнение разработанного метода анализа и устранения узких мест процесса МППР с существующими:

- 1) методологией моделирования распределенных систем управления бизнес-процессами макрпредприятий Александрова Д.В.;
- 2) методикой реинжиниринга бизнес-процессов на основе интеграции методов структурного анализа, экспертных систем и формальных грамматик Коннова Е.П.

Результаты сравнения показали преимущества нового метода. Метод программно реализован в автоматизированной системе выпуска металлургической продукции.

Работа выполнена в рамках договора № 02.G25.31.0055 (проект 2012-218-03-167) при финансовой поддержке работ Министерством образования и науки Российской Федерации.

Список литературы

1. Аксенов К.А., Антонова А.С., Спицина И.А., Сысолетин Е.Г., Аксенова О.П. Разработка автоматизированной системы анализа, моделирования и принятия решений для металлургического предприятия на основе мультиагентного подхода // Автоматизация в промышленности. – М., 2014. – № 7. – С. 49–53.
2. Аксенов К.А., Ван Кай, Аксенова О.П. Решение задачи планирования портфеля проектов и анализа узких мест бизнес-процесса на основе мультиагентного моделирования и метода критического пути // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: www.science-education.ru/116-12630 (дата обращения: 16.04.2014).
3. Аксенов К.А. Метод анализа и устранения узких мест мультиагентного процесса преобразования ресурсов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-18538> (дата обращения: 16.04.2015).
4. Аксенов К.А. Модель мультиагентного процесса преобразования ресурсов и системный анализ организационно-технических систем. // Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2009. — № 6. — С. 38–45.
5. Александров Д.В. Методология моделирования распределенных систем управления бизнес-процессами макропредприятий: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.01 [Текст] /Д.В. Александров. — Владимир: Владимир. гос. ун-т, 2009. –33 с.
6. Бородин А.М., Мирвода С.Г., Поршнева С.В. Особенности тестирования устойчивости к сбоям корпоративных информационных систем методом генерирования отказов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – URL: www.science-education.ru/119-14997 (дата обращения: 20.02.2015).
7. Калянов Г.Н, CASE структурный системный анализ (автоматизация и применение). – М.: Лори. — 1996. — 242 с.
8. Коннова Е.П. Методика реинжиниринга бизнес-процессов на основе интеграции методов структурного анализа, экспертных систем и формальных грамматик: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.17 [Текст]/Е.П. Коннова. М.: Московский гос. ун-т печати, 2008. –18 с.
9. Тельнов Ю.В. Реинжиниринг бизнес-процессов (Учебное пособие). / Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права. М., 2003. 99 с.
10. Aksyonov K., Bykov E., Aksyonova O., Goncharova N., Nevolina A., Real-time simulation modeling of logistics in metallurgical production, Proceedings of the 5th IASTED International Conference on Modelling, Simulation and Identification (MSI 2014), July 16–18, 2014, Banff, Canada, pp. 30–37.

Рецензенты:

Доросинский Л.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Теоретических основ радиотехники, ФГАОУ ВПО “Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина” г. Екатеринбург;

Поршнеv С.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Радиoeлектроники информационных систем, ФГАОУ ВПО “Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина” г.Екатеринбург.