

УДК 004.896

МЕТОД 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 статье рассматривается метод анализа и устранения узких мест технологических, логистических и организационных бизнес-процессов. Для исследования технологических, логистических и организационных бизнес-процессов применяется подход мультиагентных процессов преобразования ресурсов. Для моделирования процессов преобразования ресурсов требуется все больше вычислительных ресурсов. В связи с этим является актуальным выявление и использование новых принципов построения и анализа мультиагентных моделей 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. 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 METHOD 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 work is considered the method of analysis and bottlenecks elimination of technological, logistical and business processes. For technological, logistical and business processes analysis are used multi agent resources conversion process approach. Simulation of such processes constantly requires more and more computational resources and time. Due to this an important problem emerges – a problem of detection and application of new approaches to analysis and improvement of multi-agent models of resources conversion process. 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. 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.

Существующие методы анализа и имитационного моделирования технологических, логистических и организационных бизнес-процессов часто сталкиваются с объектами, в которых количество элементов превышает сотни. В связи с этим для проведения имитационного эксперимента таких моделей требуется все больше вычислительных ресурсов и машинного времени. Технологические, логистические и организационные бизнес-процессы относятся к процессам преобразования ресурсов. Спецификой данных типов процессов является существование в их составе подпроцессов (операций) принятия и согласования решений, подпроцессов или элементов управления, лиц, принимающих решения (ЛПР). Для формализации моделей ЛПР и сценариев принятия (управления и согласования) решений в данной работе предлагается использовать аппарат мультиагентных

и экспертных систем. В связи с этим является актуальной задача разработки нового метода анализа и устранения узких мест мультиагентных процессов преобразования ресурсов (МППР) [1-4].

Метод анализа и устранения узких мест мультиагентного процесса преобразования ресурсов

Рассмотрим два основных элемента процесса МППР (операцию и агента) [4], используемых для анализа и устранения узких мест процессов предприятия (технологических, логистических, организационных бизнес-процессов). В качестве теоретической основы метода использован операционный анализ вероятностных сетей [7-8].

Для оценки выполнения операции Op процесса МППР рассмотрим следующие ее параметры: среднюю очередь заявок к операции Q_{Op_cp} , среднюю загрузженность операции U_{Op_cp} , простой операции из-за отсутствия средств P_{MechOp} , простой операции из-за отсутствия входных ресурсов P_{ResOp} :

$$Q_{Op_cp} = \frac{\sum_{t=1}^{T_{END}} Q_{Op}(t)}{T_{END}},$$

$$U_{Op_cp} = \frac{(N \cdot T_{Op})}{T_{END}},$$

$$P_{MechOp} = \frac{\sum_{t=1}^{T_{END}} Tact(t) | Count_Mech_UnLock(t) < Count_Mech_Use}{T_{END}},$$

$$P_{ResOp} = \frac{\sum_{t=1}^{T_{END}} Tact(t) | Count_Res(t) < Count_Res_In}{T_{END}},$$

где T_{END} – время наблюдения (длительность интервала наблюдения за процессом),

N – количество выполнений операции Op за время наблюдения T_{END} ,

T_{Op} – длительность выполнения операции Op ,

$Tact$ – единица измерения времени,

$Count_Mech_UnLock$ – количество единиц средства, не заблокированное при выполнении текущих операций,

$Count_Mech_Use$ – количество единиц средства, необходимое для запуска операции Op ,

$Count_Res$ – текущее количество единиц ресурса,

$Count_Res_In$ – количество единиц ресурса, необходимое для запуска операции Op .

Аналогично оценке очереди проводится оценка среднего состояния ресурсов (как входных, так и выходных по отношению к определенной операции или правилу агента). Для

оценки использования средства в операциях процесса рассмотрим среднюю загрузженность средства U_{Mech_cp} :

$$U_{Mech_cp} = \frac{\sum_{t=1}^{T_{END}} Count_Mech_Lock(t)}{Count_Mech \cdot T_{END}},$$

где $Count_Mech_Lock$ – количество единиц средства, заблокированное при выполнении текущих операций,

$Count_Mech$ – общее количество единиц средства.

Статистику функционирования агента будем анализировать исходя из средней очереди заявок к агенту Q_{Ag_cp} и средней загрузженности агента по обработке заявок U_{Ag_cp} :

$$Q_{Ag_cp} = \frac{\sum_{t=1}^{T_{END}} Q_{Ag}(t)}{T_{END}},$$

$$U_{Ag_cp} = \frac{\sum_{t=1}^{T_{END}} Tact(t) | (\exists \langle MessOp \rangle \in \{AgSolutIf(t) \cup AgSolutThen(t)\}) \& (AgSolutIf(t) = True)}{T_{END}},$$

где $\langle MessOp \rangle$ – оператор обработки заявки (создание, удаление или блокировка (включая изменение параметров) заявки),

$AgSolutIf$ – условия агента «Если»,

$AgSolutThen$ – условия агента «То».

Представим правила анализа параметров процесса МППР и устранения узких мест (правила изменения (свертки / развертки)) в виде диаграмм поиска решений (рисунок 1). Вершины графа имеют следующие обозначения: 0 – нулевое значение, М – малое значение, С – среднее значение, В – высокое значение соответствующего объекта графа (очереди, загрузженности или простоя). Пунктирные линии переходов графа соответствуют решениям для нулевой и малой очередей заявок к операции, сплошные линии – решениям в оставшихся случаях.

В результате проведения эксперимента 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.

Изменение процесса МППР осуществляется следующими действиями: либо удалением операции, либо добавлением параллельной операции; добавлением/удалением

(увеличением/уменьшением количества) средств используемых операциями(операциями); увеличением/уменьшением количества ресурсов; добавлением или удалением правила агента, удалением агента.

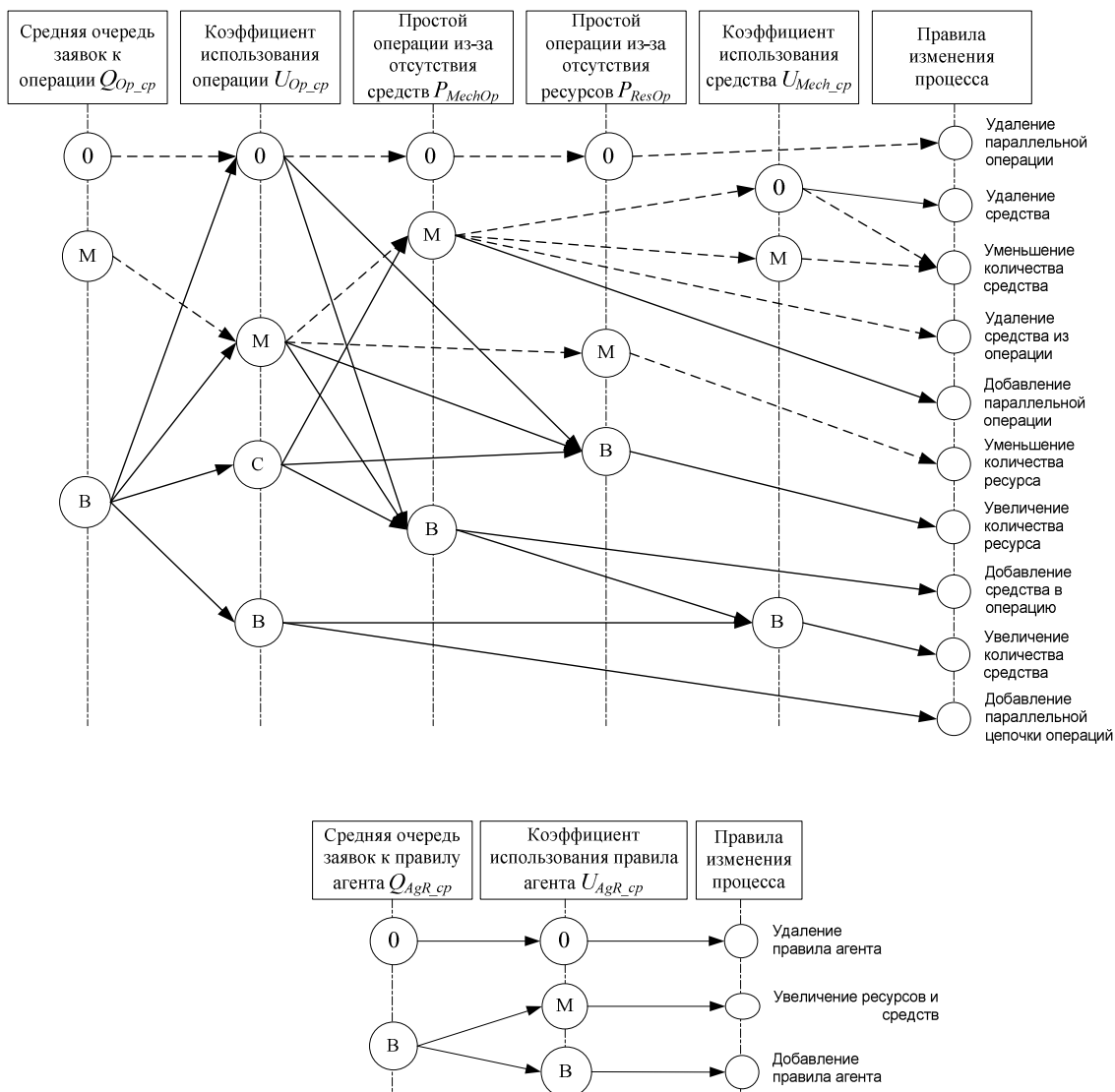


Рис.1. Диаграммы поиска решений применения правил анализа и устранения узких мест процесса МППР

Метод программно реализован в автоматизированной системе выпуска металлургической продукции (АС ВМП) [2, 5-6]. Предварительным этапом работы метода являются создание и доработка (модификация) модели процесса предприятия в модуле создания моделей процессов (СМП). На рисунке 2 представлена блок-схема метода анализа и устранения узких мест процесса МППР. Сокращения, используемые на рисунке:

ИМ - модуль интеграции моделей;

КЗ - модуль конструктор запросов;

ОПП - модуль оптимизации процессов предприятия;

СМП - модуль создания моделей процессов;

ТБПИ - типовой постоянно действующий бизнес-процесс металлургического предприятия по изменению производственных процессов.

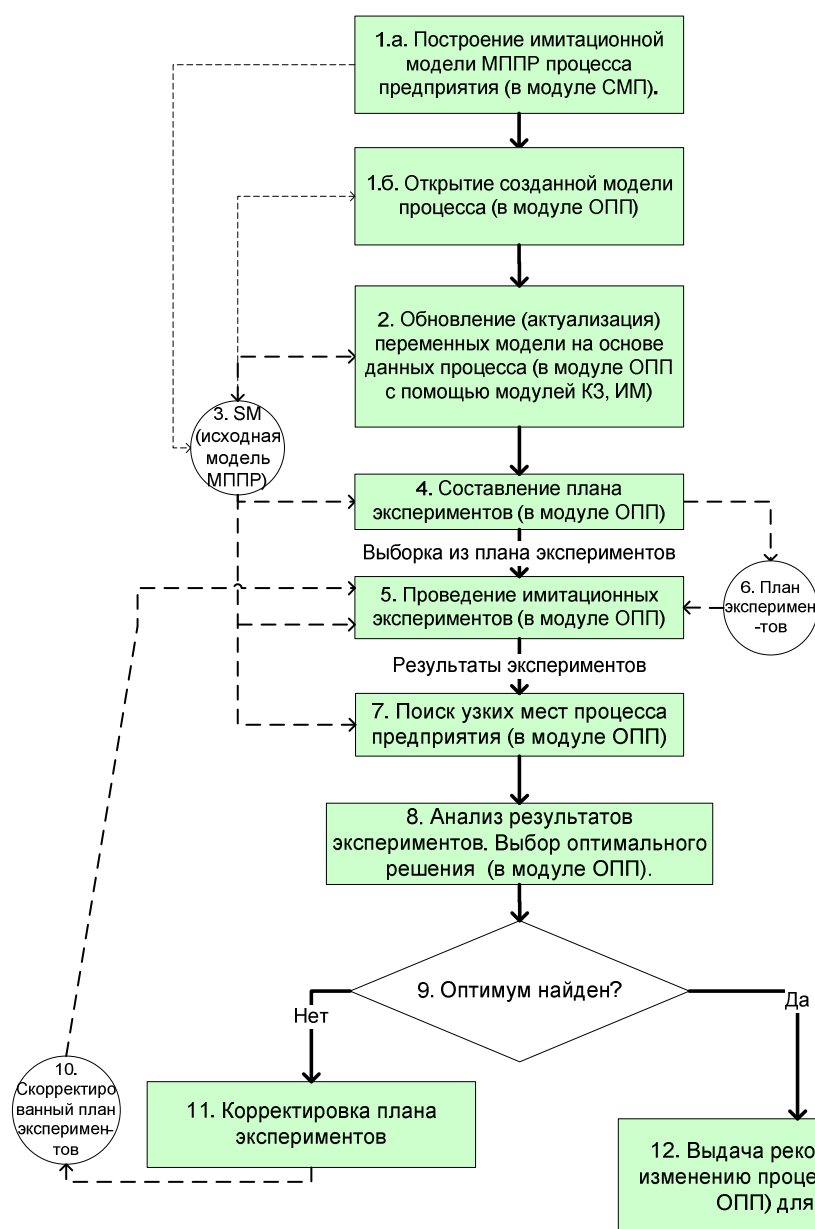


Рис. 2. Общая схема метода анализа и устранения узких мест мультиагентного процесса преобразования ресурсов

Рассмотрим основные этапы метода. Предлагаемый метод состоит из следующих этапов (нумерация этапов в соответствии с нумерацией блоков рисунка 2).

1. Если модель процесса предприятия была ранее построена в модуле СМП, то переходим на следующий этап. При построении имитационной модели процесса предприятия (в модуле СМП) строятся следующие подмодели:

1) генерации объектов (единиц продукции (ЕП) / проектов / заказов), такой объект в модели МППР представим в виде экземпляра заявки (транзакта) с набором атрибутов;

2) процессов прохождения объектов (технологических, логистических и организационных бизнес-процессов, связанных с обработкой единиц продукции на агрегатах

и оборудовании, транспортировке ЕП и выполнением заказов / этапов проекта / производственных операций), в модели МППР маршрут обработки заявки формируется цепочкой блоков, состоящих из преобразователей (операций и агентов);

3) поставок потребляемых ресурсов (сырья, материалов и полуфабрикатов), в модели МППР маршрут поставки ресурсов формируется цепочкой блоков, состоящих из операций и агентов;

4) работы средств (станки, оборудование, агрегаты, транспорт, персонал).

2. С целью актуализации модели текущим процессам предприятия в модуль ОПП предварительно необходимо обновить значения переменных модели путем взаимодействия с модулями КЗ и ИМ.

4. Планирование эксперимента в соответствии с выдвинутыми гипотезами. Составление плана экспериментов заключается в выборе таких входных (управляемых) параметров модели, значения которых оказывают наибольшее влияние на значения выходных (оцениваемых) параметров модели.

5. Имитационные эксперименты проводятся в модуле ОПП. Эксперименты проводятся согласно плану экспериментов до нахождения оптимального или эффективного решения.

6. При диагностике узких мест анализируются следующие параметры процесса МППР:

1) коэффициент использования операции, средства, агента;

2) среднее время заявки в очереди к операции, агенту;

3) простой операции из-за отсутствия средств и/или входных ресурсов. Для оценки динамики работы операции и агента анализируются средняя очередь заявок к операции, агенту, а также среднее состояние ресурсов.

7. В результате проведения эксперимента формируется статистика выполнения операций, функционирования агентов, расходования и формирования ресурсов и заявок и использования средств в операциях процесса МППР. По результатам анализа статистики экспериментов диагностируются узкие места и принимается решение об изменении (свертке/развертке) процесса МППР. На данном этапе осуществляется выбор оптимального решения.

Критерием остановки метода также может являться снижение времени ожидания до допустимых значений по всем блокам модели. Данный этап направлен на решение задачи распараллеливания параллельных процессов во времени по производству единиц продукции, входящих в заказ(заказы) (в блоках имитационной модели могут возникать ситуации с параллельной обработкой заявок).

8. Если на предыдущем этапе было найдено оптимальное решение, то переходим на 12-й этап, иначе на 11-й (см. рисунок 2).

9. В случае, если на этапе 9 не было найдено оптимальное решение, то осуществляются корректировка плана экспериментов и переход на этап 5.

10. В случае, если на этапе 9 было найдено оптимальное решение, то осуществляется выдача рекомендаций по изменению процесса. Данный этап инициирует запуск ТБПИ по совершенствованию процесса предприятия (технологического, логистического, организационного бизнес-процесса) с целью устранения узких мест.

Метод прошел апробацию на задаче балансировки ресурсов бизнес-процесса [3, 9].

Заключение

Задача разработки метода анализа и устранения узких мест мультиагентного процесса преобразования ресурсов решена в результате интеграции операционного анализа вероятностных сетей, мультиагентного подхода, модели процесса преобразования ресурсов и аппарата экспертных систем. Разработаны правила анализа и устранения узких мест (правила изменения) мультиагентного процесса преобразования ресурсов, построенные на основе диаграмм поиска решений. 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., Аксенова О.П., Ван Кай. Планирование портфеля проектов в строительстве на основе мультиагентного имитационного моделирования // Научно-технические ведомости СПбГПУ № 6 (162) 2012. Информатика. Телекоммуникации. Управление. г. С.-Петербург С. 171–174.
2. 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.
3. 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).
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. Бородин А.М., Мирвода С.Г., Поршнев С.В. Анализ современных средств прототипирования языков программирования // Программная инженерия. – 2014. – № 12. – С. 3–10.
6. Бородин А.М., Мирвода С.Г., Поршнев 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. Литвин В.Г., Аладышев В.П., Винниченко А.И. Анализ производительности мультипрограммных ЭВМ. М.: Финансы и статистика. — 1984. — 159 с.
8. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS. М.: Бестселлер. — 2003. — 416 с.
9. Aksyonov K.A., Bykov E.A., Aksyonova O.P. Application of Multi-agent Simulation for Decision Support in a Construction Corporation and its Comparison with Critical Path Method // Applied Mechanics and Materials Vols. 278-280 (2013) Trans Tech Publications, Switzerland. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.278-280.2244. pp. 2244–2247.

Рецензенты:

Поршнев С.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Радиоэлектроники информационных систем, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург;

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.