

УДК 004.41/.42

И.В. АРТАМОНОВ

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ
БИЗНЕС-ТРАНЗАКЦИЙ**

В статье описывается программное обеспечение для анализа надежности проектируемой бизнес-транзакции путем имитационного моделирования. Для отображения схемы взаимодействия предлагается использовать аппарат окрашенных сетей Петри. Программный комплекс состоит из нескольких взаимосвязанных частей, которые включают пакеты CPN Tools, ACCESS/CPN, СУБД PostgreSQL. Управление этими программами осуществляется сервером приложений через специальный интерфейс. В целом среда ориентирована на использование веб-технологий и позволяет проводить анализ нескольким исследователям одновременно.

Ключевые слова: бизнес-транзакция; имитационное моделирование; надежность; CPN Tools; окрашенные сети Петри.

Повышение уровня автоматизации современных предприятий, необходимость их сотрудничества и интеграции, а также высокая динамика рыночной среды предполагает усиление роли так называемого электронного b2b-взаимодействия – т.е. взаимодействия между предприятиями на базе обмена электронными документами. Причем в выполнении сложного совместного бизнес-процесса может участвовать большое количество предприятий, схема взаимодействия которых не ограничивается тривиальной последовательной передачей информации «по цепочке», а может состоять из сложных структур, разветвлений, циклов, иерархических включений и т.д. При этом все участники совместного процесса согласованно выполняют общую задачу и гарантируют, что сохранят последствия ее выполнения. Вовлечение большого количества участников может негативно сказываться на общем качестве подобной организации, прежде всего, на ее надежности: каждый новый участник, привнося вероятность собственного отказа, может увеличивать общий риск отказа всей системы.

На практике существуют такие бизнес-процессы, которые могут обладать признаками атомарности, т.е. должны быть выполнены полностью или не выполнены вообще. Особенно это важно для деятельности, охватывающей несколько подразделений или взаимодействующих предприятий, или для таких процессов, как, например, купля-продажа, где невозможно только частичное выполнение [1]. В [1-3] показано, что такой процесс, исполняемый при поддержке средств автоматизации, принимает черты транзакции в теории баз данных: он состоит из нескольких операций, которые должны быть выполнены все вместе или не выполнены вообще. В [4] было предложено называть такой процесс бизнес-транзакцией и дано такое определение: бизнес-транзакция (далее – транзакция) – это согласованное изменение состояния отношений двух и более сторон, где каждая сторона готова к этому изменению и знает, что его согласованно примут все стороны. Ввиду того, что бизнес-транзакция объединяет работу нескольких разнородных участников и может исполнять критически важные для предприятия процессы, в [5] был поставлен вопрос о надежности подобного взаимодействия и выработано понятие надежности, включающее в себя следующие атрибуты: атомарность, согласованность, длительность, отказоустойчивость, восстанавливаемость и стабильность.

Считается, что основные работы по обеспечению надежности любого разрабатываемого изделия проводятся на этапе его проектирования [6-12]. Вне зависимости от природы изделия во время этого этапа определяют требования к надежности, ее показатели и их нормы. То же можно отнести и к природе бизнес-транзакций: работы по обеспечению надежности должны начинаться на этапе проектирования взаимодействия, так как исследование характеристик надежности в процессе функционирования транзакции может быть затруднено или невозможно, тогда как риск отказа и ущерб от отказа бизнес-транзакции может быть выше, чем от отказа локального программного средства.

В этой статье мы представляем программный комплекс (далее – ПК) оценки надежности проектируемой бизнес-транзакции. В качестве языка моделирования бизнес-транзакции будем использовать аппарат сетей Петри, который за последние 20 лет претерпел серьезное развитие: появилось множество так называемых «расширений», включая направление «высокоуровневых», стохастических, временных и окрашенных сетей. В [13-19] приводятся аргументы, позволяющие считать сети Петри подходящим средством моделирования распределенных приложений. Математическое обоснование возможности использования аппарата окрашенных сетей Петри было нами дано в [20-22].

ПК позволяет автоматизировать решение следующих задач оценки надежности бизнес-транзакций:

- оценка общей надежности при заданных параметрах. В этом случае происходит подстановка в модель существующих параметров функционирования операций и отказов подсистем. Моделирование позволяет определить особенности функционирования и надежности всей системы;

- сравнение надежности альтернативных вариантов реализации системы. Проводится анализ с несколькими наборами параметров или моделей системы с целью поиска оптимального варианта реализации проекта;

- анализ чувствительности. Предполагается, что одни операции больше влияют на надежность бизнес-транзакции, чем другие. Степень их влияния и сравнение влияний разных операций друг с другом позволяет выявить анализ чувствительности.

ПК решает задачу оценки общей надежности проектируемой бизнес-транзакции любой сложности при условии, что информация о надежности (работоспособности, функционировании) ее участников известна. При наличии подобной информации надежность системы можно рассчитать аналитически, однако по мере усложнения системы сложность и точность применения любых математических методов существенно снижается [6, 10, 23]. ПК решает эту проблему методом имитационного моделирования.

Методической основой ПК является алгоритм оценки надежности бизнес-транзакции, который включает следующие операции:

1. Мысленное отделение бизнес-транзакции как системы от предметной области. Формирование целей существования системы и определение ее границ.

2. Анализ структуры и состава бизнес-транзакции. Определение участников и процессов, которые они выполняют. Определение связей между процессами. Определение зон ответственности хореографии и оркестровки [24].

3. Формулирование и анализ проблемы оценки надежности системы. Определение взаимосвязи надежности с другими характеристиками. Оценка разрешимости проблемы.

4. Оценка возможностей повышения надежности по процессам и в целом для бизнес-транзакции.

5. Определение целевых качественных и количественных показателей надежности. Определение нормативных значений этих показателей, если требуется. Определение множества исследуемых операций и характеристик их надежности.

6. Первичное конструирование модели бизнес-транзакции с помощью окрашенных сетей Петри в среде CPN Tools (выделение наборов цветов, описание переменных и функций, разработка схемы транзакции (определение позиций и переходов) с учетом шаблонов оркестровки и хореографии, определение инициализирующих (начальных) данных для позиций бизнес-транзакции).

7. Инициация нового эксперимента в ПК: загрузка файла со схемой в среду имитатора, определение названия эксперимента, количества внутренних запусков, приблизительного количества срабатываний переходов до завершения бизнес-транзакции, типа анализа надежности.

8. Выделение анализируемой сети (если их несколько на схеме) и позиции успешного завершения бизнес-транзакции. Выбор исследуемых процессов, задание характеристик их надежности и методов повышения надежности через восстанавливающие или компенсирующие сети.

9. Проведение имитации работы бизнес-транзакции.

10. Анализ результатов имитационного моделирования: показателей надежности по заданным параметрам системы, чувствительности надежности системы к надежности исследуемых операций.

Если цели оценки надежности за одну итерацию не достигаются, то в схему транзакции вносятся изменения и этапы 7-10 повторяются. Предполагается, что проверка модели на языке окрашенных сетей Петри на адекватность, непротиворечивость и работоспособность осуществляется самим исследователем в процессе разработки схемы.

Программный комплекс состоит из нескольких взаимосвязанных частей (рис. 1).

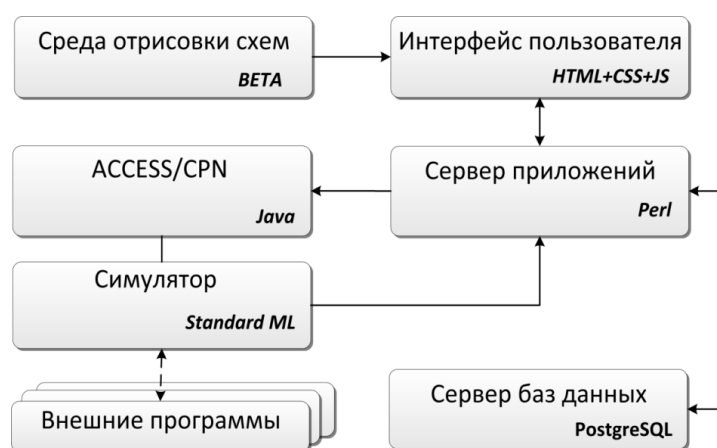


Рисунок 1 – Состав программного комплекса

Среда отрисовки схем реализована в пакете CPN Tools. Этот пакет распространяется под свободной лицензией GNU GPL версии 2. Среда отрисовки является интерфейсом пользователя для CPN Tools и написана на объектно-ориентированном языке BETA. Подробное описание пакета приводится в [25] и на официальном сайте [26].

Интерфейс пользователя реализован на языке HTML, который предоставляет возможность логического форматирования элементов интерфейса, языка CSS для стилизового оформления и ряд программ на языке JavaScript для интерактивного взаимодействия с пользователем и реализации асинхронного взаимодействия с сервером приложений. Таким образом, интерфейсная часть должна работать в среде, которая интерпретирует эти языки, например, в веб-браузере.

Сервер приложений написан на языке Perl. Он обрабатывает запросы пользователя, анализирует данные от симулятора и проводит их статистическую обработку, осуществляет работу с сервером баз данных.

Сервер баз данных представлен свободной реляционной СУБД PostgreSQL. Сервер проводит хранение и обработку информации о пользователях ПК, их контроль симулятора – это структура, состоящая из двух отдельно запускаемых программ. Первая программа написана на языке Perl, вызывает библиотеки и функции сервера приложений и используется для запуска второй части и контроля работы симулятора в целом. Вторая программа написана на языке Java, предназначена для инициализации и запуска симулятора, а для этого использует библиотеку ACCESS/CPN.

ACCESS/CPN – это библиотека в составе CPN Tools, написанная на языке Java разработчиком симулятора для управления им из сторонних программных систем. По сложности и объему программного кода, а также трудностям работы с ней с точки зрения доработки она сравнима с остальными частями пакета CPN Tools [27].

Симулятор входит в состав пакета CPN Tools и реализован на языке Standard ML. В симулятор встроен компилятор языка, что позволяет описывать на схеме сети подпрограммы на этом языке и выполнять их в процессе имитации. Это позволяет реализовать сложную логику поведения участников БТ, например, осуществлять вызов сторонних программ путем установления сетевых соединений.

Кроме пакета CPN Tools, для своей работы ПК использует также фреймворки jQuery (открытая лицензия MIT) и Highcharts (бесплатная лицензия Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 License).

ПК является распределенной программной системой, которая способна функционировать на разных операционных системах и разном вычислительном оборудовании. С этой целью ПК разделен на 4 самостоятельных части: среда отрисовки, интерфейс, сервер баз данных, сервер приложений с симулятором, а также внешними программами. Каждая часть может взаимодействовать с другими посредством сетевых коммуникаций, например, через сеть Интернет. В целях масштабирования существует техническая возможность расширить возможности контроля симулятора до параллельных операций на множестве симуляторов, запущенных на множестве вычислительных систем.

Интерфейс вместе с сервером приложений и сервером базы данных представляет трехзвенное клиент-серверное приложение [28], которое может функционировать и без доступа к CPN Tools, например, с целями анализа ранее проведенных имитаций.

Все вышеперечисленное позволяет реализовать ПК в виде веб-сайта, где со стороны клиентов сайта осуществляются операции по отрисовке схем и управлению процессом имитации через интерфейс сайта, а со стороны серверной части выполняется работа с данными, управление симулятором и взаимодействие со сторонними программами. Веб-сайт может быть размещен как в сетевой среде предприятия, учебного заведения, так и на любом сервере сети Интернет. Способность сервера приложений и базы данных обрабатывать множество клиентов одновременно позволяет использовать ПК в учебном процессе или для обслуживания нескольких проектировщиков бизнес-транзакций сразу.

Результатом имитационного моделирования по схеме бизнес-транзакции на базе окрашенных сетей Петри является аналитическая справка, предоставляющая исследователю возможность оценить уровень надежности бизнес-транзакции. Например, вывод результатов о надежности в целом отображается в виде таблицы со статистической информацией (рис. 2).

	Наиболее вероятно	Минимум	Максимум	В среднем
Атомарность	0.90	0.76	1.00	0.90
Интенсивность отказов	0.11	0.02	0.32	0.12
Вероятность безотказной работы	0.90	0.76	1.00	0.90
Частота отказов	0.10	0.00	0.24	0.10
Средняя наработка на отказ	9.00	3.17	49.00	11.27

Гистограмма частот

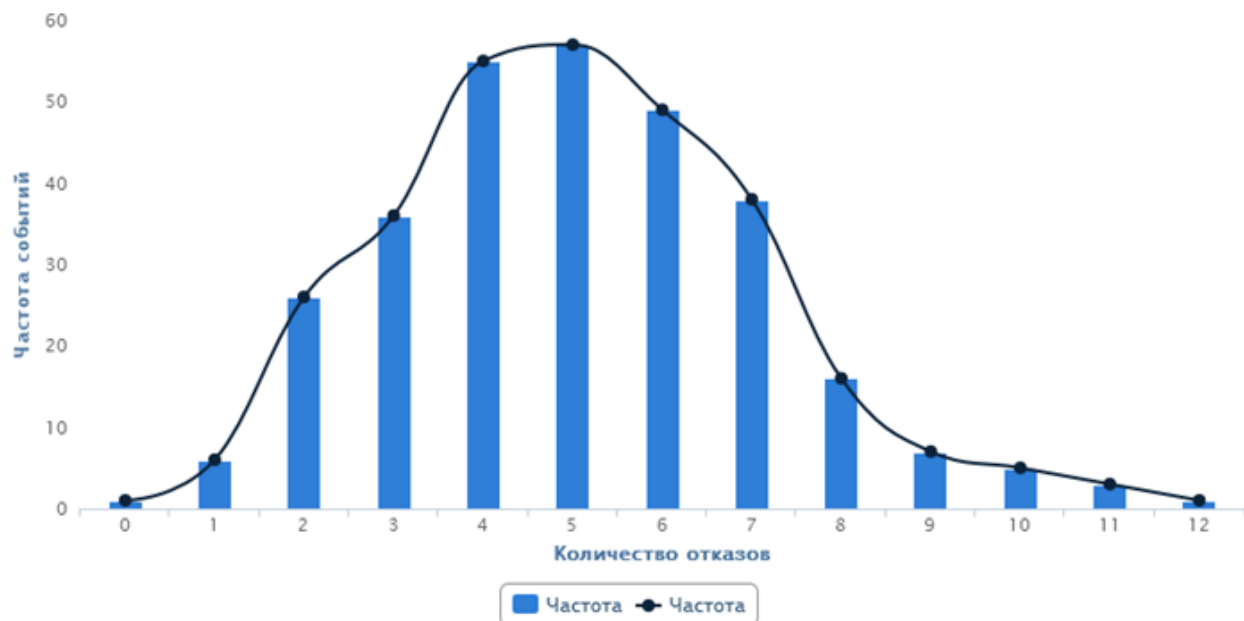


Рисунок 2 – Результаты анализа бизнес-транзакции целиком

А результаты анализа отдельной операции представляются в виде сгенерированного текста заключения и статистической информации (рис. 3).

Результаты анализа чувствительности бизнес-транзакции к отказам отдельных ее операций показываются в виде корреляционных полей, где выявляются зависимости между отказами операции и характеристиками надежности бизнес-транзакции (рис. 4).

Таким образом, основными преимуществами ПК перед распространенными средствами имитационного моделирования широкого профиля являются:

- ориентация на предметную область. ПК предназначен для изучения надежности бизнес-процессов любой сложности безотносительно к их свойствам;
- легкость освоения. Исследователю нет необходимости досконально изучать язык моделирования, дополнительные библиотеки, способы генерации сигнала. Графической редактор на базе окрашенных сетей Петри прост в изучении и легок в использовании;
- способность оперировать сложными наборами данных. Большинство средств имитационного моделирования позволяет манипулировать простыми сигналами, имеющими числовые значения, лишь некоторые средства позволяют проводить исследование нескольких простых сигналов одновременно. ПК же использует все преимущества окрашенных сетей Петри, которые позволяют манипулировать сложными структурами данных, проводя с ними различные операции;
- неограниченная сложность модели. Симулятор CPN Tools, который использует ПК, позволяет определять на схеме модели вызов сторонних программ, написанных на любом

языке программирования для реализации сложной логики обработки данных. Таким образом, теоретически сложность модели бизнес-процесса, которую оценивает ПК, ничем не ограничена.

Анализ процесса OPERATOR показал, что восстанавливаемость всей транзакции не зависит от отказов этого процесса. Поэтому, к сожалению, восстанавливаемость транзакции невозможно улучшить, воздействуя на этот процесс. Атомарность уменьшается вместе со снижением стабильности процесса. И атомарность транзакции можно улучшить, повышая надежность работы этого процесса. Отказоустойчивость, стабильность ведут себя нелинейно при снижении стабильности процесса, и на это следует обратить внимание.

Анализ процесса "OPERATOR"

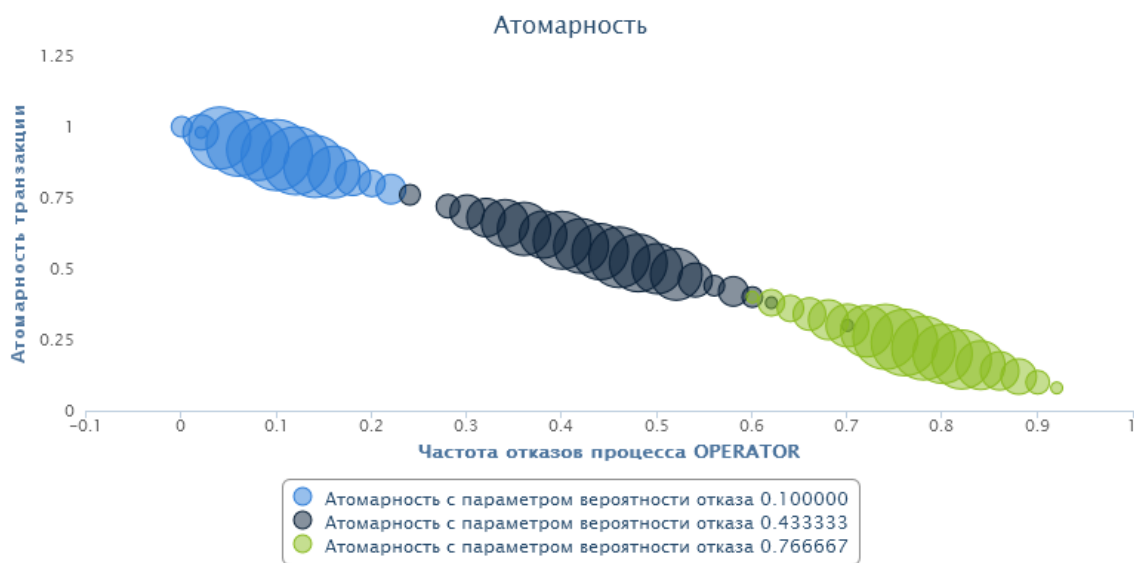
Таблица показателей надежности

	Наиболее вероятно	Минимум	Максимум	В среднем
Вероятность избежания аварий	0.90	0.76	1.00	0.90
Интенсивность отказов	0.11	0.02	0.32	0.11
Вероятность безотказной работы	0.90	0.76	1.00	0.90
Частота отказов	0.10	0.00	0.24	0.10
Средняя наработка на отказ	9.00	3.17	49.00	11.98

Рисунок 3 – Заключение о результатах анализа процесса

Диапазон вероятностей сбоя

— Атомарность (0.080 - 1.000) уменьшается при увеличении частоты отказов этого процесса —



Highcharts.com

Рисунок 4 – Чувствительность атомарности при 3-х уровнях отказов процесса

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Papazoglou M.P. Web Services and Business Transactions // World Wide Web:Internet and Web Information Systems, 2003. – 6. – С. 49-91.
2. Little Mark Transactions and Web Services // Communications of the ACM, 2003. – № 10. – С. 49-54.
3. Haugen B., Fletcher T. Multi-Party Electronic Business Transactions.
4. Артамонов И.В. Бизнес-транзакции: характеристики и отличительные особенности // Бизнес-информатика, 2012. – № 2(20). – С. 29-34.

5. Артамонов И.В. Инновационные информационные технологии // Надежность бизнес-транзакций в сервис-ориентированной среде. – Прага, 2013. – Т. 4. – С. 12-19.
6. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных систем. – М.: Энергия, 1977. – 536 с.
7. Ллойд Д., Липов М. Надежность: организация исследования, методы, математический аппарат. – М.: Советское радио, 1964. – 687 с.
8. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. – М.: Мир, 1980. – 610 с.
9. Шураков В.В. Надежность программного обеспечения систем обработки данных. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 272 с.
10. Нечипоренко В.И. Структурный анализ систем. – М.: Советское радио, 1977. – 216 с.
11. Шишмарев В.Ю. Надежность технических систем. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 304 с.
12. Авдудевский В.С. Надежность и эффективность в технике: справочник в 10 т. – М.: Машиностроение, 1988. – Т. 5.: Проектный анализ надежности / под ред. В.И. Патрушева и А.И. Рембезы. – 316 с.
13. Graham Ian Requirements Modelling and Specification for Service Oriented Architecture. — John Wiley & Sons Ltd, 2008. – 301 с.
14. Massuthe Peter Operating Guidelines for Services: Dissertation. – University Press Facilities, 2009. – 266 с.
15. Kohler Michael, Rolke Heiko Web Service Orchestration with Super-Dual Object Nets // Petri Nets and Other Models of Concurrency / авт. книги Kleijn Jetty, Yakovlev Alex. – Springer, 2007.
16. Men P., Duan Z., Yu B. Utilizing Fuzzy Petri Net for Choreography Based Semantic Web Services Discovery // Petri Nets and Other Models of Concurrency / авт. книги Kleijn Jetty, Yakovlev Alex. – Springer, 2007.
17. Wolf Karsten Does My Service Have Partners? // Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency II / авт. книги Jensen Kurt, van der Aalst Wil M.P. – Springer, 2009.
18. Popescu Corina, Soto M. Cavia, Lastraa Jose L. Martinez A Petri net-based approach to incremental modelling of flow and resources in service-oriented manufacturing systems // International Journal of Production Research, 2012. – Т. 50, 2. – С. 325-343.
19. Zafar Bassam Conceptual Modelling of Adaptive Web Services based on High-level Petri Nets: PhD Thesis. – De Montfort University, 2008. – 188 с.
20. Артамонов И.В. Использование окрашенных сетей Петри для моделирования бизнес-транзакций в сервис-ориентированной среде // Известия Иркутской государственной экономической академии (БГУЭП), 2013. – 5.
21. Артамонов И.В. Моделирование надежных В2В-взаимодействий с помощью окрашенных сетей Петри // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – Пенза, 2013. – Т. 1. – С. 146-148.
22. Артамонов И.В. Моделирование сервисной композиции с помощью окрашенных сетей Петри // Вестник НГУЭУ. – Новосибирск, 2013. – № 2. – С. 180-187.
23. Голинкевич Т.А. Прикладная теория надежности. – М.: Высшая школа, 1977. – 160 с.
24. Артамонов И.В. Оркестровка и хореография: подходы к описанию композитных бизнес-процессов // Применение математических методов и информационных технологий в экономике, 2011. – № 10. – С. 65-75.
25. Jensen Kurt Coloured Petri Nets modeling and validation of concurrent systems. – Springer, 2009. – 384 с.
26. CPN Tools 4.0 // CPN Tools 4.0, 2013 [Электронный ресурс]. – URL: <http://cpntools.org/start>.
27. Software I Maintain // Michael Westergaard, 2013 [Электронный ресурс]. – URL: <https://westergaard.eu/2012/06/software-i-maintain/>.
28. Артамонов И.В. Разработка распределенных сервисно-ориентированных программных средств. – Иркутск: БГУЭП, 2012. – 130 с.

Артамонов Иван Васильевич

Байкальский государственный университет экономики и права, г. Иркутск

Аспирант, старший преподаватель кафедры информатики и кибернетики

Тел.: 8 950 113 68 88

E-mail: ivan.v.artamonov@gmail.com

I.V. ARTAMONOV (*Post-graduate Student,
Senior Teacher of the Department of Informatics and Cybernetics*)
Baikal State University of Economics and Law, Irkutsk

A SOFTWARE PACKAGE FOR THE ANALYSIS OF BUSINESS TRANSACTIONS' RELIABILITY

The paper presents computer simulation software for analysis of business transaction's reliability. Coloured Petri Net is proposed for representing an interaction scheme. The software package contains several parts including CPN Tools, ACCESS/CPN, PostgreSQL. These parts are operated by an application server over special interface. On the whole the simulation package is designed for using in a web environment and allows several researchers to carry out analysis concurrently.

Keywords: *business transaction; computer simulation; reliability; CPN Tools; coloured Petri net.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Papazoglou M.P. Web Services and Business Transactions // World Wide Web: Internet and Web Information Systems, 2003. – 6. – С. 49-91.
2. Little Mark Transactions and Web Services // Communications of the ACM, 2003. – № 10. – С. 49-54.
3. Haugen B., Fletcher T. Multi-Party Electronic Business Transactions.
4. Artamonov I.V. Biznes-tranzakcii: xarakteristiki i otlichitel'ny'e osobennosti // Biznes-informatika, 2012. – № 2(20). – С. 29-34.
5. Artamonov I.V. Innovacionny'e informacionny'e texnologii // Nadyozhnost' biznes-tranzakcij v servis-orientirovannoј srede. – Praga, 2013. – Т. 4. – С. 12-19.
6. Druzhinin G.V. Nadyozhnost' avtomatizirovanny'x sistem. – М.: E'nergiya, 1977. – 536 с.
7. Llojd D., Lipov M. Nadyozhnost': organizaciya issledovaniya, metody', matematicheskij apparat. – М.: Sovetskoe radio, 1964. – 687 с.
8. Kapur K., Lamberson L. Nadyozhnost' i proektirovanie sistem. – М.: Mir, 1980. – 610 с.
9. Shurakov V.V. Nadyozhnost' programmogo obespecheniya sistem obrabotki danny'x. – М.: Finansy' i statistika, 1987. – 272 с.
10. Nechiporenko V.I. Strukturny'j analiz sistem. – М.: Sovetskoe radio, 1977. – 216 с.
11. Shishmarev V.Yu. Nadyozhnost' texnicheskix sistem. – М.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2010. – 304 с.
12. Avduevskij V.S. Nadyozhnost' i e'ffektivnost' v texnike: spravochnik v 10 t. – М.: Mashinostroenie, 1988. – Т. 5.: Proektny'j analiz nadyozhnosti / pod red. V.I. Patrusheva i A.I. Rembezy'. – 316 с.
13. Graham Ian Requirements Modelling and Specification for Service Oriented Architecture. — John Wiley & Sons Ltd, 2008. – 301 с.
14. Massuthe Peter Operating Guidelines for Services: Dissertation. – University Press Facilities, 2009. – 266 с.
15. Kohler Michael, Rolke Heiko Web Service Orchestration with Super-Dual Object Nets // Petri Nets and Other Models of Concurrency / avt. knigi Kleijn Jetty, Yakovlev Alex. – Springer, 2007.
16. Men P., Duan Z., Yu B. Utilizing Fuzzy Petri Net for Choreography Based Semantic Web Services Discovery // Petri Nets and Other Models of Concurrency / avt. knigi Kleijn Jetty, Yakovlev Alex. – Springer, 2007.
17. Wolf Karsten Does My Service Have Partners? // Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency II / avt. knigi Jensen Kurt, van der Aalst Wil M.P. – Springer, 2009.
18. Popescu Corina, Soto M. Cavia, Lastraa Jose L. Martinez A Petri net-based approach to incremental modelling of flow and resources in service-oriented manufacturing systems // International Journal of Production Research, 2012. – Т. 50, 2. – С. 325-343.

19. Zafar Bassam Conceptual Modelling of Adaptive Web Services based on High-level Petri Nets: PhD Thesis. – De Montfort University, 2008. – 188 с.
20. Artamonov I.V. Ispol'zovanie okrashenny'x setej Petri dlya modelirovaniya biznes-tranzakcij v servis-orientirovannoj srede // Izvestiya Irkutskoj gosudarstvennoj e'konomicheskoy akademii (BGUE'P), 2013. – 5.
21. Artamonov I.V. Modelirovanie nadyozhny'x B2B-vzaimodejstvij s pomoshh'yu okrashenny'x setej Petri // Trudy' mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadyozhnost' i kachestvo». – Penza, 2013. – T. 1. – С. 146-148.
22. Artamonov I.V. Modelirovanie servisnoj kompozicii s pomoshh'yu okrashenny'x setej Petri // Vestnik NGUE'U. – Novosibirsk, 2013. – № 2. – С. 180-187.
23. Golinkevich T.A. Prikladnaya teoriya nadyozhnosti. – M.: Vy'sshaya shkola, 1977. – 160 с.
24. Artamonov I.V. Orkestrovka i xoreografiya: podxody' k opisaniyu kompozitny'x biznes-processov // Primenenie matematicheskix metodov i informacionny'x tehnologij v e'konomie, 2011. – № 10. – С. 65-75.
25. Jensen Kurt Coloured Petri Nets modeling and validation of concurrent systems. – Springer, 2009. – 384 с.
26. CPN Tools 4.0 // CPN Tools 4.0, 2013 [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://cpntools.org/start>.
27. Software I Maintain // Michael Westergaard, 2013 [E'lektronny'j resurs]. – URL: <https://westergaard.eu/2012/06/software-i-maintain/>.
28. Artamonov I.V. Razrabotka raspredelenny'x servisno-orientirovanny'x programmny'x sredstv. – Irkutsk: BGUE'P, 2012. – 130 с.