В рамках проведения Фестиваля науки в Тамбовской области

Т·Г·Т·У

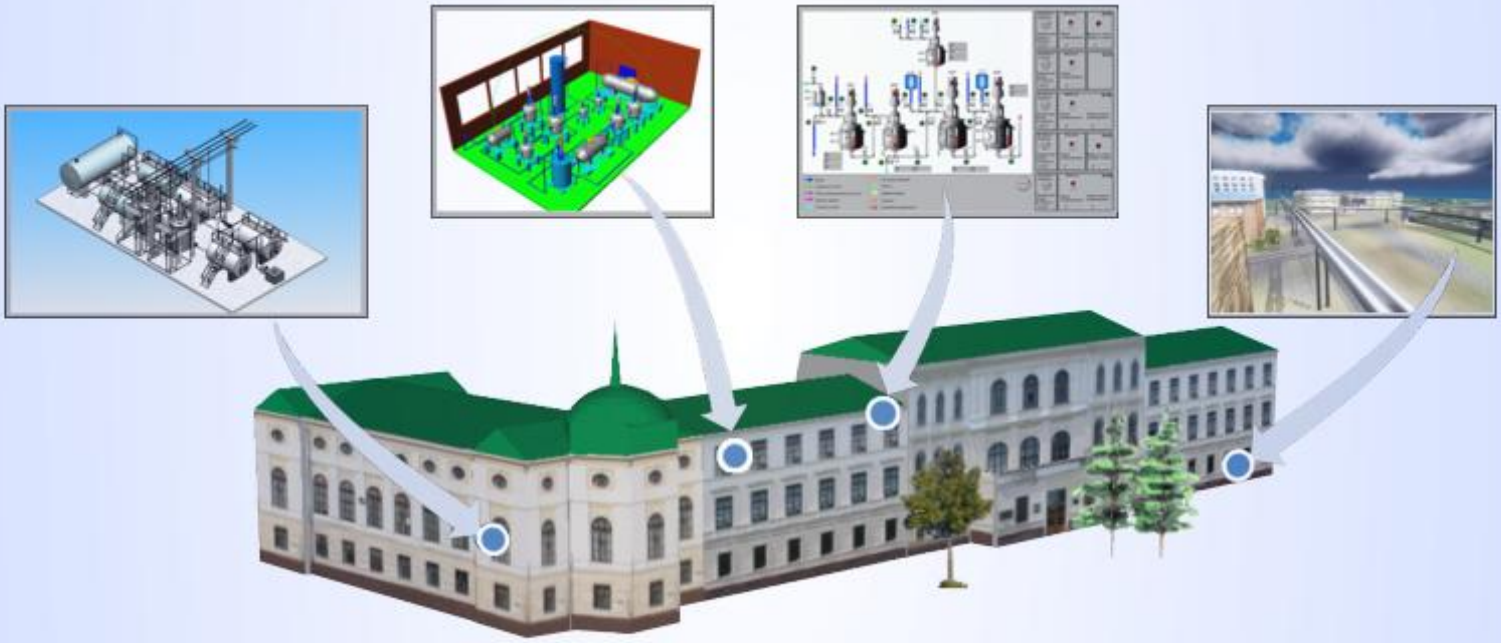
Всероссийский Фестиваль науки

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН

Выпуск 5, Том II

VIRTUAL SIMULATION, PROTOTYPING AND INDUSTRIAL DESIGN

Issue 5, Volume II



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2018

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН

Материалы V Международной научно-практической конференции

г. Тамбов, 14 – 16 ноября 2018 г.

Выпуск 5, Том II

VIRTUAL SIMULATION, PROTOTYPING AND INDUSTRIAL DESIGN

Issue 5, Volume II

Научное электронное издание

Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2018

УДК 658.512.2
ББК Ж18я43
В52

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор М. Н. Краснянский (общая редакция);
д-р техн. наук, профессор В. А. Немтинов;
д-р. техн. наук, профессор В. Г. Мокрозуб;
д-р техн. наук, профессор С. В. Карпушкин;
канд. экон. наук Ю. В. Немтинова;
канд. техн. наук, доцент А. Б. Борисенко;
канд. техн. наук С. В. Карпов

В52 **Виртуальное** моделирование, прототипирование и промышленный дизайн [Электронный ресурс] : материалы V Международной научно-практической конференции : в 3 т. / под общ. ред. М. Н. Краснянского ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – Вып. 5.
ISBN 978-5-8265-1836-6.

Т. II. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 18,5 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.
ISBN 978-5-8265-1997-4.

Опубликованы материалы пленарных и секционных докладов Международной научно-практической конференции, которая посвящена проблемам научно-технического и социально-экономического развития регионов. Целью конференции является обсуждение и публикация научных достижений ученых, а также определение возможных путей решения проблем разработки методов и алгоритмов создания и применения виртуальных моделей и прототипов объектов различного назначения и сложности.

В настоящее время виртуальное моделирование и прототипирование технических систем широко используется при решении задач промышленного дизайна, проектирования, модернизации, перепрофилирования производств различных отраслей промышленности. Еще одна популярная сфера применения виртуального моделирования и прототипирования – создание моделей культурно-исторических объектов в целях сохранения первозданного облика памятников архитектуры, в том числе утраченных, мемориальных и культурных сооружений.

Материалы конференции могут быть полезны преподавателям вузов и средних учебных заведений, научным работникам, руководителям и специалистам предприятий, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

Все научные работы, представленные на конференцию, прошли двойное рецензирование программным комитетом и редакционной коллегией.

УДК 658.512.2
ББК Ж18я43

ISBN 978-5-8265-1997-4 (т. II)
ISBN 978-5-8265-1836-6 (общ.)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2018

УДК 004.724.4

Кутузов Д. В.,[1] Осовский А. В.,[2] Стукач О. В.,[3] Старов Д. В.[4]
[1]Астраханский государственный технический университет, Россия, г. Астрахань
(e-mail: d_kutuzov@mail.ru),
[2]ООО «Фьюче Инжиниринг Лаб», Россия, г. Астрахань
(e-mail: a_osovskiy@mail.ru),
[3]Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, Россия
(e-mail: tomsk@ieee.org),
[4]Астраханский государственный университет, Россия, г. Астрахань
(e-mail: bortv715ke@mail.ru)

МОДЕЛЬ МАТРИЧНОЙ КОММУТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ, БАЗИРУЮЩАЯСЯ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАСКРАШЕННЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Kutuzov D. V.,[1] Osovskiy A. V.,[2] Stukach O. V.,[3] Starov D. V.[4]
[1]Astrakhan State Technical University, Russia, Astrakhan
(e-mail: d_kutuzov@mail.ru),
[2]Future Engineering Lab LTD, Astrakhan, Russia
(e-mail: a_osovskiy@mail.ru),
[3]National Research Tomsk Polytechnic University, National
Research University Higher School of Economics, Russia
(e-mail: tomsk@ieee.org),
[4]Astrakhan State University, Russia, Astrakhan
(e-mail: bortv715ke@mail.ru)

CPN-BASED MODEL OF PARALLEL MATRIX SWITCHBOARD

Аннотация. Рассмотрена модель параллельной матричной коммутационной системы, базирующаяся на раскрашенных сетях Петри (Colored Petri Nets – CPN). Разработанная CPN-модель описывает алгоритм параллельной коммутации. CPN-модель является иерархической сетью, содержащей ингибиторные дуги. За счет использования временных (timed) CPN получена зависимость средней длины очереди от интенсивности потока.

Ключевые слова: параллельная коммутация, пространственная коммутация, матричные коммутаторы, многозвенные коммутационные системы, коммутационный элемент, сети Петри, раскрашенные (цветные) сети Петри, таймированные сети Петри.

Abstract. The article describes a model of a parallel matrix switching system based on colored Petri Nets (CPN). The CPN-based model developed by us describes the parallel switching algorithm. The CPN-based model is a hierarchical network containing inhibitory arcs. Due to the use of timed CPN, we obtained the dependence of the average queue length on the intensity of the flow.

Keywords: parallel switching; space switching; cross switch, multistage systems, switching elements, Petri nets, colored Petri nets, timed Petri nets.

Введение. Параллельные вычисления, взаимодействие вычислительных ядер, аппаратные нейросетевые структуры нуждаются в распределении информационных потоков. Эффективность работы таких структур во многом зависит от эффективной коммуникационной среды, обеспечивающей обмен данными между различными частями устройства. Обычно для распределения информационных потоков служат коммутационные системы. Поэтому повышение производительности коммутационных систем является важным направлением исследований. Ряд исследований направлены на создание технологической базы, пригодной для реализации коммутационных систем. В работах [1, 2] изучаются гальваномагнитные явления в пленках мультиграфена. Важным мультиграфенов является возможность совмещения с существующими CMOS-технологиями, что открывает новые возможности реализации элементов коммутационных систем.

Многие алгоритмы повышения производительности коммутационных систем направлены на совершенствование загрузки и повышение эффективности буферных устройств коммутаторов [3, 4]. Другие исследования направлены на создание и моделирование параллельных коммутационных структур (Parallel Switching Architecture (PSA)) [5] и создание параллельных коммутаторов пакетов (PPS), кото-рые обеспечивает огромную совокупную пропускную способность [6]. Следует заметить, что матричная схема коммутации является неотъемлемой составляющей PSA и PPS.

Авторами разработан алгоритм, повышающий эффективности работы коммутационных элементов [7] за счет параллелизма и элементы такой системы [8]. Такие системы коммутации могут быть реализованы на различных элементах коммутации. Поэтому мы разработали абстрактные модели таких систем, обобщающие различные способы реализации коммутаторов [9].

При моделировании устройств, телекоммуникационных сетей, протоколов обмена информацией широко используются сети Петри [10 – 14] для анализа работы и оценки характеристик самых различных телекоммуникационных объектов и структур.

CPN-модель. Ранее для коммутационного элемента параллельной системы коммутации предложена модель на основе простой (классической) сети Петри [9]. Для отдельного коммутационного элемента такая модель соответствует одноканальному обслуживающему устройству. Это одноканальное обслуживающее устройство не различает информационные пакеты в зависимости от их назначения и поэтому цвет фишек сети Петри не важен. В случае, когда коммутационные элементы объединены в матрицу коммутации, выход коммутационной системы, которому адресован пакет, имеет значение. Необходимость различать пакеты в зависимости от выхода, на которые их надо передавать, делает невозможным применение классических сетей Петри. Столкнувшись с этой проблемой, мы стали использовать раскрашенные сети Петри (CPN). На рисунке 1 представлена CPN-модель параллельной коммутационной системы с двумя входами и двумя выходами (без начальной разметки). Моделирование системы проводилось в программе CPNTools.

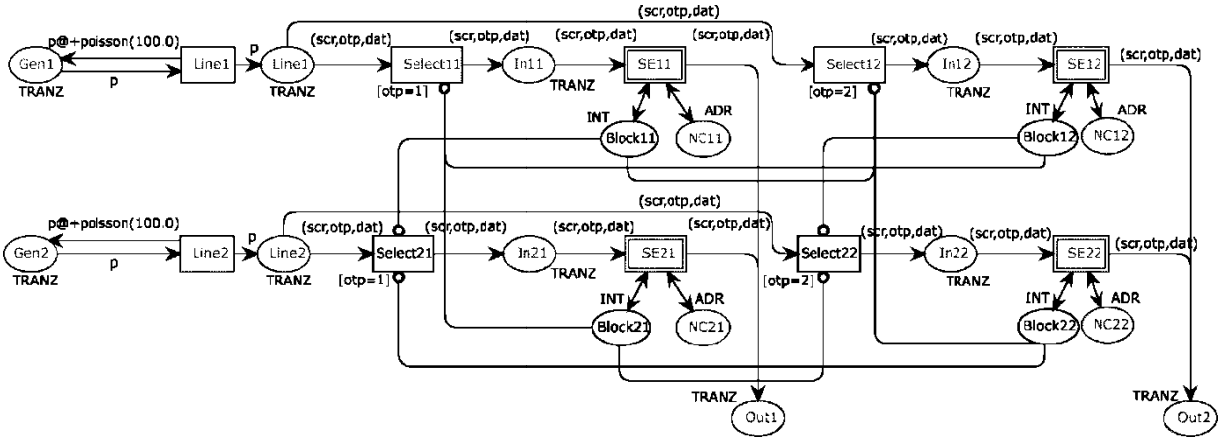


Рис. 1. CPN-модель матричной коммутационной системы

Сеть состоит из генераторов Gen1 и Gen2, которые генерируют пуассоновский поток информационных пакетов (фишек сети Петри). Каждый пакет состоит из адреса источника пакета, адреса приемника пакета и данных. В соответствии с этим определяются множества цветов:

colset ADR=int with 1..4;

colset DATA=int with 20..900;

colset TRANZ=product ADR*ADR*DATA timed;

Множества цветов ADR описывают множества адресов источников и приемников пакетов, множество DATA – множество данных. Декартово произведение ADR×ADR×DATA – множество TRANZ возможных пакетов. Пакет p, выбранный при генерации из множества TRANZ передается через переход Line и позицию Line на переход Select. Пакет описывается тройкой (scr, otp, dat), где scr – адрес источника пакета, otp – адрес приемника пакета, dat – данные пакета. Переход Select фильтрует пакеты, предназначенные только для соответствующего выхода. Далее через позицию In пакет попадает на коммутационный элемент SE. Каждый коммутационный элемент представляет собой иерархическую структуру, замещенную для удобства переходом. На рисунке 2 представлена структура коммутационного элемента SE.

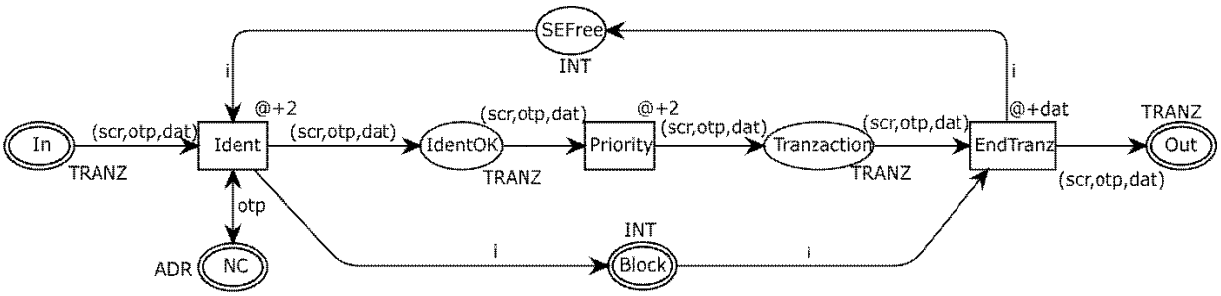


Рис. 2. Структура коммутационного элемента

С позиции In пакет передается на переход Ident, на котором производится сравнение адреса назначения пакета с адресом коммутационного элемента (otp). Кроме того, для срабатывания этого перехода необходимо, чтобы коммутационный элемент был свободен и в позиции SEFree находилась фишка (рис. 3, *а*).

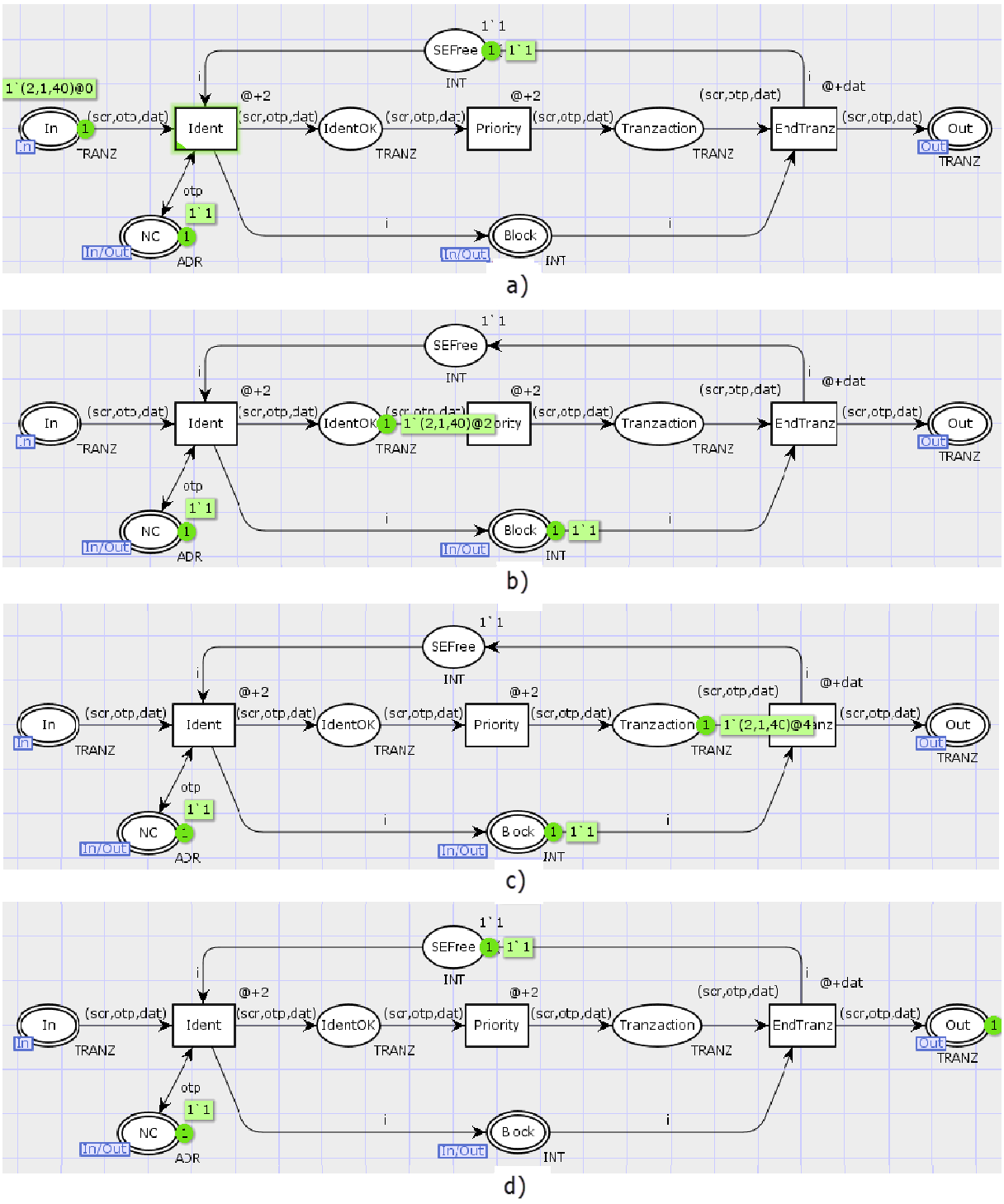


Рис. 3. Прохождение информационного пакета через элемент коммутации

На этом этапе учитывается время, затрачиваемое на данную операцию – здесь оно равно 2 единицам модельно времени. После успешной идентификации пакет попадает в позицию IdentOK, из позиции SEFree убирается фишка, что означает занятие коммутационного элемента. В позицию Block также помещается фишка, благодаря которой блокируется строка и столбец матрицы, в которых находится коммутационный элемент (рис. 3, *b*). Из позиции IdentOK пакет попадает на переход Priority. Этот переход отвечает за операцию выделения приоритета в случае одновременного поступления одина-

ковых пакетов на вход коммутационной системы. В данной модели переход Priority только добавляет время на выполнение операции к пакету. После этого пакет попадает в позицию Tranzaction, а затем на переход EndTranz (рис. 3, *c*). Переход EndTranz добавляет время обработки пакета к его текущей временной метке. После срабатывания перехода EndTranz пакет попадает на выход системы (позиция Out), из позиции Block убирается фишка и разблокируются строка и столбец матрицы коммутации, а также в позицию SEFree помещается фишка, означающая готовность коммутационного элемента к приему следующего пакета (рис. 3, *d*).

Результаты моделирования. Мы получили значения очередей для пуассоновского потока с интенсивностью 10…80 и фиксированным временем обслуживания транзактов в $t = 20$, $t = 30$, $t = 40$ MTU.

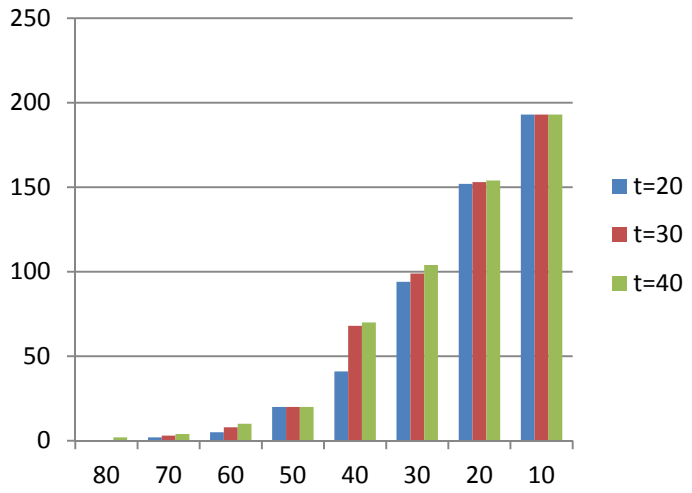


Рис. 4. Зависимость длины очереди от интенсивности входного потока транзактов

Список использованных источников

1. **Bulatova, A. N.** Investigation of the Main Parameters of Multigraphene Prepared by the CVD Method / A. N. Bulatova, M. F. Bulatov, D. V. Starov // Russian Physics Journal. – V. 54, № 12, May, 2012. – P. 1401 – 1405.

2. **Measuring** complex for studying galvanomagnetic phenomena in multigrafene layers / D. Starov, D. Kutuzov, O. Stukach, A. Osovskiy // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). – 2017.

3. **George, F.** Georgakopoulos. Buffered Crossbar Switches, Revisited: Design Steps, Proofs and Simulations Towards Optimal Rate and Minimum Buffer Memory / F. George // IEEE/ACM Transactions on networking. – V. 16, № 6, Dec. 2008.

4. **Hongchao Hu.** A New Practical Scheduling Algorithm for Buffered Crossbar Switches / Hongchao Hu, Peng Yi, Yunfei Guo // IEEE No 1-4244-0463-0/06/$20.00

5. **Hyoung-Il Lee,** Seung-Woo Seo. On the Traffic-Distribution Characteristics of Parallel Switching Architectures / Hyoung-Il Lee, Seung-Woo Seo // Global Telecommunications Conference, 2000. GLOBECOM '00. IEEE. – V. 1. – P. 510 – 514.

6. **Zhuo Sun,** Masoumeh Karimi, Deng Pan, Zhenyu Yang and Niki Pissinou. Buffered Crossbar based Parallel Packet Switch / 2010 IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM. – 2010. – P. 1 – 5.

7. **Kutuzov, D.** Algorithms of Parallel Switching for Multistage Schemes / D. Kutuzov, O. Stukach. // 2013 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Proceedings. – Krasnoyarsk : Siberian Federal University. Russia, Krasnoyarsk, September 12−13, 2013. IEEE Catalog Number: CFP13794-CDR. ISBN: 978-1-4799-1060-1.

8. **Kutuzov, D.** Switching Element for Parallel Spatial Systems / D. Kutuzov, A. Utesheva // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2011), Proceedings. – Krasnoyarsk : Russia Siberia Section of the IEEE Siberian Federal University, september 15–16, 2011. – P. 60 – 62.

9. **Kutuzov, D.** Modeling of interconnection process in the parallel spatial switching systems / D. Kutuzov, A. Osovskiy, O. Stukach // 2016 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). – P. 1 – 3.

10. **Mihai Lica Pura.** Using algebraic Petri nets for testing the models of adhoc secure routing protocols in mobility scenarios / Mihai Lica Pura, Didier Buchs // 2014 IEEE International Conference on Software Testing, Verification, and Validation Workshops. – P. 1–2.

11. **Hela Ben Salah.** Petri Nets-based Design of Real-Time Reconfigurable Networks on Chips / Hela Ben Salah, Adel Benzina, Mohamed Khalgui // 2015 IEEE/ACIS 14th International Conference on Computer and Information Science (ICIS). – P. 597 – 604.

12. **Modeling** and Simulation of CommunityMobility Model for Next Generation Wireless Networks using Coloured Petri Nets / Naeem Akhtar Khan, Farooq Ahmad, Syed Asad Hussain, Sher Afzal Khan // 2015 IEEE 14th International Conference on Machine Learning and Applications. – P. 1240 – 1245.

13. **Ahmed Louazani.** Petri Net Model For Connectivity Maintenance In V ANET Clustering-based Routing Algorithm / Ahmed Louazani, Larbi Sekhri // International Conference on Advanced Aspects of Software Engineering ICAASE, October, 29–30, 2016, Constantine, Algeria.

14. **M. Rehena Sulthana** Petrinet Model based Validation of the LBRP for 6LoWPAN / M. Rehena Sulthana, P.T.V. Bhuvaneswari // 2016 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET). – P. 2454 – 2457.

Научное электронное издание

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН

Материалы V Международной научно-практической конференции

Выпуск 5, Том II

Редактор Л. В. Комбарова
Компьютерное макетирование И. В. Евсеевой

ISBN 978-5-8265-1997-4

Подписано к использованию 17.12.2018.
Тираж 100 шт. Заказ № 338

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.
Телефон (4752) 63-81-08, 63-81-33.
E-mail: izdatelstvo@admin.tstu.ru