



ЭВОЛЮЦИОННАЯ ПРОЦЕДУРА СТРУКТУРНОГО И ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ДОКУМЕНТООБОРОТА

В.А. ЛОМАЗОВ¹
В.Л. МИХАЙЛОВА¹
Д.А. ПЕТРОВСКИЙ¹
Д.Б. ЕЛЬЧАНИНОВ²

¹*Белгородская государственная
сельскохозяйственная академия
им. В.Я. Горина,
г. Белгород, Россия*

²*Национальный технический
университет «Харьковский
политехнический институт»
г. Харьков, Украина*

*e-mail:
vlomazov@yandex.ru
michailova@mail.ru
scorpionss2002@mail.ru*

В работе рассмотрена проблема структурного и параметрического синтеза имитационных моделей систем документооборота. Предложен эволюционный подход для определения эффективной конфигурации системы документооборота. Построены имитационные модели функционирования отдельных элементов схемы обработки документов. Разработана процедура синтеза, основанная на аппарате вложенных сетей Петри с выделенным слоем межкомпонентной шины, позволившая сократить время построения конфигурации модели.

Ключевые слова: системы массового обслуживания, системы документооборота, интеллектуальные методы, генетические алгоритмы, сети Петри, вложенные сети Петри.

Применение инструментария имитационного моделирования для решения практических задач исследования больших динамических систем во многом сдерживается сложностью разработки адекватных и эффективных имитационных моделей. Проблема структурного и параметрического синтеза имитационной модели не имеет общего решения, поскольку модель должна отражать все значимые особенности объекта-прототипа, что предполагает большое разнообразие объектов моделирования.

Системы документооборота должны соответствовать текущему состоянию организаций (предприятий) и нуждаются в периодической модернизации (реконфигурировании) ([1]). Тем самым, исследуемая в настоящей работе проблема разработки моделей и методов структурного и параметрического синтеза имитационных моделей систем документооборота является практически значимой.

Теория структурного синтеза организационных систем ([2,3]), позволяет при разработке систем документооборота выделить точки обработки документов, определить маршруты документопотоков. В дополнение к этому, базируясь на методологии параметрического синтеза ([4]), при проектировании систем документооборота может быть обеспечено достижение необходимых значений таких количественных показателей, как среднее время коллективной разработки (корректировки) документа, среднее количество документов в очереди на обработку и т.д. Однако, разработка инструментария, объединяющего в себе возможности и структурного, и параметрического синтеза применительно к проектированию систем документооборота (составляющая цель настоящей работы), остается актуальной научной задачей.

В качестве математического инструментария имитационного моделирования информационных процессов создания, передачи, обработки и выдачи документов будем использовать аппарат сетей Петри, что позволяет моделировать работу систем с учетом распределенного управления и параллелизма протекающих внутри системы процессов [5]. Использование вложенных сетей Петри [6] дает дополнительные возможности для структурирования модельного описания процессов обработки сложных документов. Бионический эволюционный подход (основанный на применении генетического алгоритма [7]) при выборе наиболее эффективной схемы документооборота позволяет избежать полного перебора вариантов конфигураций.

В рамках методологии эволюционного подхода фенотип (требуемые свойства) оптимизируемой конфигурации системы документооборота определяется ее генотипом (набором ключевых параметров). Рассмотрим в качестве структуры генотипа модели системы документооборота кортеж:

$$D = \langle IN, OUT, S, T, C \rangle$$

где D – моделируемая система документооборота;
 IN – входные данные для системы документооборота;
 OUT – выходные данные системы документооборота;
 S – конфигурация системы документооборота;
 T – время, затраченное на обработку;
 C – стоимость компонентов системы.
 При этом конфигурацию системы S предлагается представить в виде:

$$S = \langle S_A, S_I, M \rangle$$

где S_A – постоянные компоненты системы;
 S_I – подключаемые компоненты системы;
 M – слой межкомпонентной шины (связей между компонентами системы S).
 Изменение алгоритма функционирования системы документооборота происходит в подсистемах $\{S_k\}_{k=1}^K$. Для каждой подсистемы S_k сопоставляется модель подсистемы (компонента) на основе сети Петри, данные модели являются либо алгоритмом программ обработки данных, либо компонент системы (в рамках существующих аппаратных решений), при использовании вложенных сетей Петри существует возможность комбинирования аппаратной и программной составляющих системы документооборота. Математически это выражается следующим образом:

$$PN_k = \{PN_{k,r}\}_{r=1}^{R(k)}$$

где $PN_{k,r}$ – r -й алгоритм обработки данных подсистемой S_k , представленный в виде сети Петри.

В отличие от [8-11], где исследовались задачи конфигурирования технических систем, при подключении различных компонентов моделируемой системы документооборота предлагается рассматривать слой межкомпонентной шины (рис. 1), что позволит уменьшить время работы адаптированного к решаемой задаче генетического алгоритма.

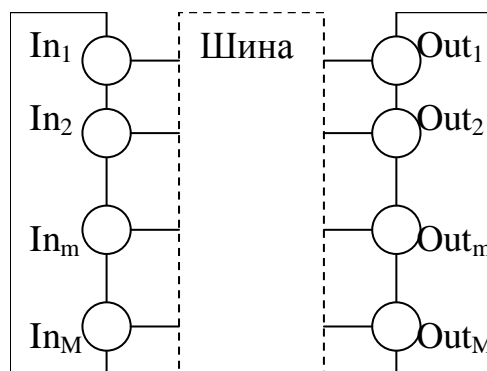


Рис. 1. Межкомпонентная шина

Для моделирования межкомпонентной шины могут использоваться компоненты системы документооборота, связи между ними, а так же логические элементы (рис. 2):

- блок «ИЛИ» с указанием множества входных позиций;
- блок «ИЛИ-НЕ» с указанием множества входных позиций;
- количество блоков «И»;
- количество блоков «И-НЕ»;
- множество входных позиций для каждого блока «И» («И-НЕ»).

Формально, для каждой шины задано множество входных позиций $In = \{In_m\}$ и множество выходных позиций $Out = \{Out_m\}$ ($m = 1, 2, \dots, M$). Входные позиции – это выходы предыдущего блока элементов системы, а выходные позиции – входы последующего блока элементов системы.

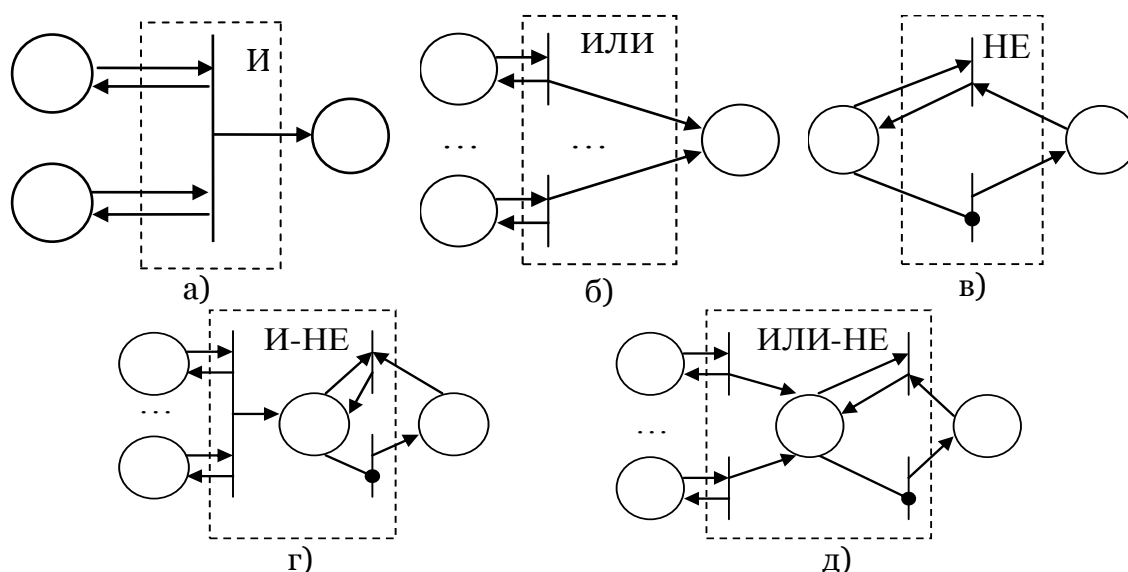


Рис. 2. Логические элементы слоя межкомпонентной шины на основе сетей Петри:
а) элемент «И»; б) Элемент «ИЛИ»; в) элемент «НЕ»; г) элемент «И-НЕ»;
д) элемент «ИЛИ-НЕ»

Элемент «И», «ИЛИ» и т.д. моделируется переходом, входы которого связаны с позициями, из которых поступают сигналы, а выход – с позицией, в которую они поступают. В элементе «ИЛИ» модель работает по следующему правилу. Переходы опрашиваются «сверху вниз». Если какой-то переход может сработать, то он запускается, а остальные переходы уже не опрашиваются. Элемент «НЕ» моделируется двумя переходами, входы которых связаны с позицией, сигнал из которой нужно инвертировать, а выходы – с позицией, в которую поступает инвертированный сигнал.

Элемент работает следующим образом. Единичный сигнал на входе позволяет верхнему переходу убрать фишку из выходной позиции. Отсутствие сигнала на входе не сдерживает нижний переход, который добавляет фишку в выходную позицию.

На основе моделей элементов «И», «ИЛИ» и «НЕ» можно построить модели элементов «И-НЕ» и «ИЛИ-НЕ».

Отметим, что блоки «И-НЕ» и «ИЛИ-НЕ» с одним входом эквивалентны элементу «НЕ».

Для моделирования системы документооборота, проводя аналогия с системами массового обслуживания, предлагается использовать компоненты: очередь, постоянно функционирующие компоненты обработки, подключаемые компоненты обработки, настраиваемый компонент подключения элементов, а также элементы накопления и обработчики очереди документов (рис. 3, 4).

В модели компонента «Очередь» позиции P_1 и P_2 служат накопителями документов, которые поступают на обработку или из входного вектора, или из генератора, настроенного в соответствии с законом распределения. Переходы t_1 и t_2 предназначены

для перемещения заявки в случае образования очереди в одной из позиций и отсутствия документов в другой.

Подсистема «Обработчик очереди» предназначена для:

- поочередной обработки документов;
- проверки поступления первого документа для настройки подсистемы;
- контроля количества документов перед компонентами обработки.

В модели компонента обработки связь между подсистемами обеспечивают переходы t_1 и t_2 . Переход метки из позиции P_2 в позицию P_1 говорит о начале обработки заявка компонентом подсистемы.

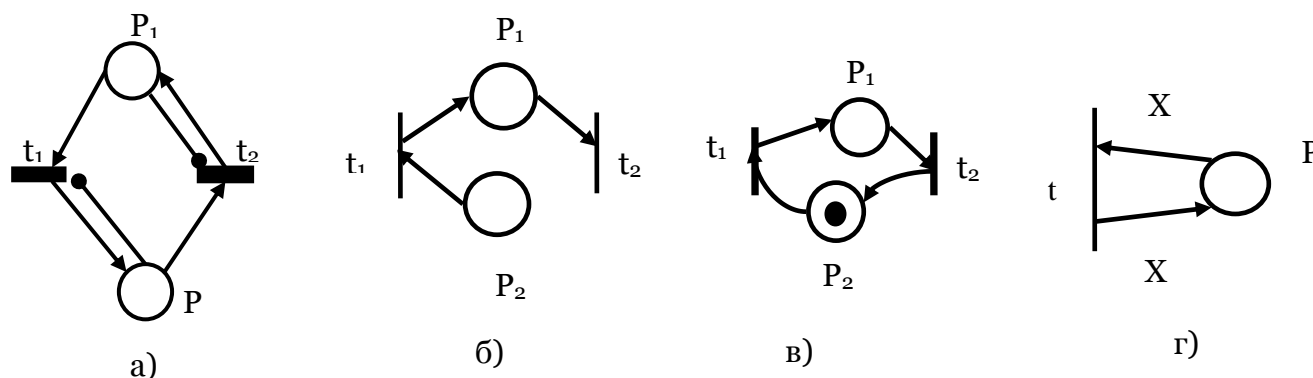


Рис. 3. Модели компонентов системы документооборота:
а) модель компонента «Очередь»; б) Модель «подключаемого» компонента обработки;
в) модель компонента обработки; г) модель настраиваемого компонента
«Подключение элементов»

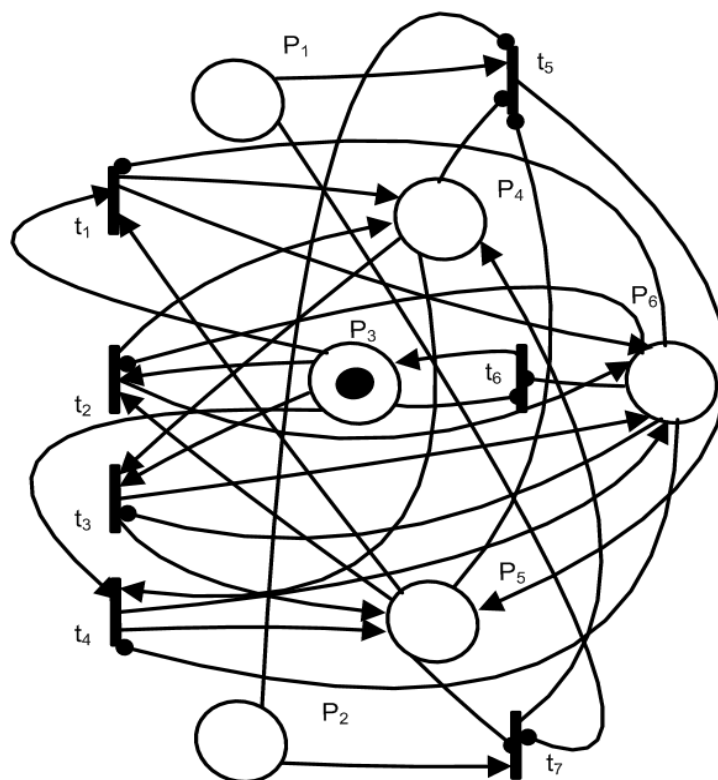


Рис. 4. Модель компоненты «Обработчик очереди»



Для обеспечения возможности подключения в процессе работа дополнительных компонентов при обработке документов разработана модель подключаемого компонента, которая позволяющая в зависимости от интенсивности потока документов перестраивать структуру конфигурируемой системы. В данной модели позиция P_2 связана с дугой с компонентом подключения элементов.

При работе с компонентом подключения элементов системы документооборота следует учесть, что вес X дуги входящей в переход t_1 зависит того, сколько документов должно находиться в очереди для запуска подключаемых компонентов подсистем обработки, в зависимости от максимального количества заявок ожидающих обработки. Переход возвращает метки в позицию P_1 и генерирует метку в позицию P_2 , тем самым подключая компонент. Позиция P_1 связывается с переходом t_1 компонентов обработки тем самым уменьшая количество документов, ожидающих обработки.

Разработка компонента подключения элементов обеспечила возможность ввода новых компонентов при условии образования заданного количества документов, которые ожидают обработки в очереди. Здесь позиция P_1 должна быть связана либо с генератором документов, либо с входными позициями IN и служит накопителем всех заявок поступивших на обработку подсистемами моделируемой системы документооборота и связывается с переходом t_2 компонентов обслуживания, тем самым могут обеспечивать контроль количества документов, находящихся в системе и ожидающих обработки.

Таким образом, при решении задачи на основе предложенных моделей компонентов системы и межкомпонентной шины, способных обрабатывать документ, метку третьего уровня во вложенной сети Петри, представляющей собой модель адаптированного генетического алгоритма, требуется:

- задать входной и выходной вектора (IN , OUT) для моделируемой системы (при этом IN может генерироваться автоматически при создании модели генератора на основе сети Петри с учетом требуемого закона распределения);
- задать условие остановки работы адаптированного генетического алгоритма;
- запустить модель адаптированного генетического алгоритма (аналогично [7]);
- провести анализ моделей наиболее подходящих к искомому решению.

Предложенная процедура реализована в рамках исследовательского прототипа инструментария по разработке конфигураций систем документооборота на предприятиях агропромышленного комплекса (тематический план-задание на выполнение НИР ФГБОУ ВПО «БелГСХА им. В.Я. Горина по заданию Минсельхоза РФ на 2013 г.). Предварительные результаты применения разработанного инструментария свидетельствуют о его эффективности. Предполагаемое дальнейшее развитие предложенного подхода будет связано с учетом многокритериальности выбора ([12]) конфигурации системы документооборота.

Список литературы

1. Глинских, А. Современные системы электронного документооборота [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: http://www.ci.ru/inform09_01/p223edoc.htm (Дата обращения 15.09.2013).
2. Новиков, Д. А. Сетевые структуры и организационные системы [Текст] / Д. А. Новиков. – М.: ИПУ РАН (научное издание), 2003. 102 с.
3. Андрейчиков, А. В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике [Текст] / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М.: Финансы и статистика, 2000. с. 368.
4. Абрамов О.В. Параметрический синтез стохастических систем с учетом требований надежности [Текст] / О. В. Абрамов. – М.: Наука, 1992. 176 с.
5. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. [Текст] / Дж. Питерсон // М.: Мир, 1984. – 264 С.
6. Ломазова И.А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределенных систем с объективной структурой [Текст] / И. А. Ломазова. – М.: Научный мир, 2004. – 208 с.



7. Holland, J. H. *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence* [Text]/ J. H. Holland. – Cambridge, Massachusetts, USA: MIT, 1992. 208 pp.

8. Петросов, Д.А. Представление генетических алгоритмов сетями Петри в задачах проектирования компьютерной техники [Текст]/ Д.А. Петросов, В.Г. Лобода, Д.Б. Ельчанинов // Информационные технологии – в науку и образование: материалы научно-практической конференции. – Харьков: Издательство ХНУРЭ, 2005. С. 48–51.

9. Петросов, Д.А. Адаптация генетического алгоритма при моделировании вычислительной техники с изменяющейся структурой и набором компонентов на основе Сетей Петри [Текст] / Д.А. Петросов // Вопросы современной науки и практики университет им. В.И. Вернадского. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2009. – №6(20). С. 54–63.

10. Петросов, Д.А. Математическое моделирование формирования конфигураций вычислительной техники с заданным поведением [Текст]/ Д.А. Петросов // Вопросы современной науки и практики университет им. В.И. Вернадского. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2009. – №6(20). С. 113–121.

11. Петросов, Д.А. Математическая модель формирования конфигурации вычислительной техники на основе триггеров [Текст]/ Д.А. Петросов // Вестник ИжГТУ. – Ижевск: Издательство ИжГТУ, 2009. – №3(43). С. 139–143.

12. Ломазов, В.А. Решение задачи экономичного многокритериального выбора на основе метода анализа иерархий [Текст]/ В.А. Ломазов, Я.Е. Прокушев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2010. Т. 7. № 14-1-1. С. 128-131.

EVOLUTION PROCEDURE FOR STRUCTURAL AND PARAMETRIC SYNTHESIS OF SIMULATION MODELS OF DOCUMENT SYSTEMS

V.A. LOMAZOV¹

V.I. MIKHAYLOVA¹

D.A. PETROSOV¹

D.B. YELCHANINOV²

¹*Belgorod State Agricultural Academy
them. V.J. Gorin
Belgorod, Russia*

²*National Technical
University "Kharkiv Polytechnic Institute"
Kharkov, Ukraine*

*e-mail:
vlomazov@yandex.ru
michailova@mail.ru
scorpionss2002@mail.ru*

The paper considers the problem of structural and parametric synthesis of simulation models of document systems. We propose an evolutionary approach for determining the effective configuration of workflow system. Built simulation model of the functioning of individual elements of the circuit processing. The procedure of synthesis based on the unit nested Petri nets with the selected layer interconnect bus, which allowed to reduce the build configuration of the model.

Keywords: queuing systems, document management systems, intellectual methods, genetic algorithms, Petri nets, nested Petri nets.