

SECTION 4. Computer science, computer engineering and automation.

COMBINED TOOLS SIMULATION WORKFLOW BASED GRAPH MODELS

Abstract: The article describes a tool for dynamic simulation workflows. The basis for the simulation tools are hierarchical, inhibitory and control Petri nets, which let you create model based on standards WF-patterns, and apply the basic elements of interpretation Petri nets when building a simulation model.

Key words: workflow, Workflow-model, Petri net, simulation.

Language: Russian

Citation: Suprunenko OA (2015) COMBINED TOOLS SIMULATION WORKFLOW BASED GRAPH MODELS. ISJ Theoretical & Applied Science 03 (23): 153-158.

Soi: [http://s-o-i.org/1.1/TAS*03\(23\)26](http://s-o-i.org/1.1/TAS*03(23)26) **Doi:**  <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2015.03.23.26>

КОМБИНИРОВАННЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ РАБОТ НА ОСНОВЕ ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ

Аннотация: В статье рассмотрен инструмент динамического моделирования потоков работ. Основой для инструментария моделирования служат иерархические, ингибиторные и управляющие сети Петри (PN), которые позволяют формировать макроэлементы на основе стандартных WF-паттернов, а также применять базовые элементы интерпретаций PN при построении имитационной модели.

Ключевые слова: потоки работ, Workflow-модели, сети Петри, имитационное моделирование.

1. Введение.

На сегодняшний день развитие моделирования потоков работ является одной из перспективных областей для формального описания управления технологическими процессами, бизнес-процессами, процессами в распределённых системах, web-системах, которые есть набором разнородных ресурсов с сильными и слабыми связями между элементами. Перспективой развития моделирования названных процессов и систем является разработка инструментария и средств более гибкой организации управления потоками работ, которые поддерживают декларативные формы определения и оперативного изменения элементов в потоках работ [1-2].

2. Инструментарий моделирования потоков работ.

Одной из перспективных задач моделирования бизнес-процессов является

разработка средств построения и исследования моделей в динамике, так как модель есть важной составляющей проектирования систем управления процессами, что позволяет определить «узкие места» и ошибки на ранних стадиях реализации проекта. Модель также позволяет в системах мониторинга в текущий момент времени имитировать последующие состояния моделируемой системы и вносить поправки в процесс оперативного управления целевой системой.

Реализовать прогнозирующие функции возможно как на полной модели, так и на части модели, что определяется конкретными задачами, которые возникают на определённых этапах осуществления проекта. Но существует проблема разделения модели, являющейся базой системы управления или мониторинга, на усечённые модели, которые образуются из основной отсечением исследованных элементов или элементов, которые функционируют в данный

момент или отработали свою функцию. В связи с этим возникает задача формирования корректной усечённой модели для прогнозирования развития проекта на основе базовой модели, а также проблема подбора инструментов построения и исследования таких моделей.

Для моделирования потоков работ общепризнанной является Workflow-технология, которая оперирует набором работ, ресурсов, информации и бизнес-правил (обработка и преобразование информации), является процессно-ориентированной и базируется на workflow-паттернах [3, 34]. Workflow Management – система управления потоками работ – оперирует набором методов реинжиниринга и технологий, которые направлены на автоматизацию анализа рабочего процесса или его составляющих.

Workflow-модели в классическом понимании основаны на состояниях (model state-based). Для решения поставленной задачи более приемлемыми являются модели, основанные на событиях (model event-based) [3], которые позволяют описывать изменения и блокировки в последовательностях работ проекта, а также внешние воздействия на элементы бизнес-процесса. Такие модели также позволяют проверять корректность вариантов решения текущих задач и обработку исключений [3]. Главным фактором для развёртывания workflow-технологий является повышение гибкости бизнес-процесса при минимальной его реорганизации [5].

Для описания и анализа потоков работ проекта, который состоит из определённого множества задач, применяют метод PERT. Вероятностный метод сетевого планирования GERT применяется в случае существования многовариантности выполнения проекта. В данной работе предлагается применять инструментарий сетей Петри (PN), с помощью которого можно учесть все возможные варианты реализации проекта, которые описываются и анализируются в PERT и GERT-моделях.

3. Интерпретации сетей Петри для моделирования потоков работ.

Сети Петри сочетают наглядное графическое представление с математически строгим описанием модели и правил анализа построенной сети Петри на наличие критических свойств.

Среди интерпретаций сетей Петри различают базовые интерпретации: безопасные (SPN), оценочные (BPN), числовые (EN) и макрочисловые (MEN) сети Петри, а также прикладные интерпретации: цветные (CPN), временные (TPN) сети Петри [6].

Одной из модификаций базовых интерпретаций сетей Петри являются WF-сети, которые

позволяют описывать циклы, распараллеливание, синхронизацию. Однако WF-сети имеют ограничения, в частности, должна быть одна входная и одна выходная вершины в модели, также нужно обеспечить отсутствие тупиков, избыточных переходов, необоснованного использования ресурсов [2, 4].

Формальным критерием выполнения данных требований является бездефектность, которая складывается из двух условий:

1) корректное завершение процесса из любой разметки сети, которая может образоваться из начальной разметки (метка в начальной вершине), и по завершению процесса в вершинах сети, кроме конечной, не должно остаться ни одной управляющей метки (в классических сетях Петри это условие ограниченности) [4].

2) обеспечение отсутствия в сети переходов, которые никогда не срабатывают (у классических сетях Петри такие переходы называют неживыми) [4, 5]. Для данного типа сетей Петри бездефектность является разрешимой за полиномиальное время [2], существуют также WF-сети, которые по построению являются бездефектными [7].

WF-сети имеют ряд недостатков. Это, жесткая изначально сформированная структура сети, которая не позволяет гибко перестраивать модель (например, в случае нечёткой или неполной информации о процессе), а также очень ограниченная возможность адаптации структуры модели к динамически изменяемым условиям среды функционирования, что не позволяет проводить реинжиниринг процесса «на ходу».

Эти ограничения приводят к гипотезе о иерархическом построении модели системы по образцу иерархических сетей Петри, но требует проработки условий добавления и изъятия подсетей, которые определены как целевые в локальных подзадачах. Также необходимо, чтобы перестроенная модель оставалась бездефектной, что требует формирования правил построения подсетей, правил их добавления и изъятия, правил проверки критических свойств.

На сегодняшний день разработаны вложенные WF-сети, для которых доказано первое условие бездефектности [7]. Условие живости данной сети не доказано [7], потому нужны дальнейшие исследования по созданию корректного и бездефектного инструментария моделирования потоков работ процессов управления технологическими и распределёнными системами.

4. Традиционные инструменты моделирования потоков работ.

Потоки работ в проектах характеризуются множеством данных, ресурсов, контрольных параметров для управления [3], а также существенным параллелизмом [8, 9], потому их сложно описать традиционными средствами построения блок-схем алгоритмов или другими инструментами [10]. Для их описания применяют графовые модели, диаграммы деятельности UML, OLAP-кубы и другие средства моделирования, которые предназначены для многомерного отображения и описания работы моделей с асинхронными параллельными процессами [9, 11-12]. Традиционным вариантом графowego представления бизнес-процессов является сетевой график [8], который позволяет отображать потоки работ, но не имеет средств имитационного моделирования проекта при условии изменения различных внутренних и внешних факторов. Потому в данной работе для моделирования потоков работ предлагается применять управляющую модификацию ингибиторной сети Петри, элементы иерархической сети Петри и WF-сети [6, 12].

5. Моделирование WF-паттернов сетью Петри.

Сети Петри позволяют построить модель с описанием потоков работ, а также ресурсов и основных факторов, которые влияют на элементы потоков работ, которые выполняются параллельно в проектах [2, 3-5, 13]. Одним из ключевых элементов потоков работ являются ресурсы, которые могут быть описаны статическими элементами PN – вершинами мест, например, люди и исполнительные устройства. Динамическими элементами – метками – можно описать ресурсы, которые динамически изменяются в процессе функционирования системы, например, сырьё и финансы.

Для описания разных ресурсов были созданы PN с разделяемыми ресурсами (RWF), и ресурсно-ограниченные сети (RCWF). RWF-сети в общем случае могут быть неограниченными по ресурсам [2], но требуют доказательства отсутствия необоснованного использования ресурсов. RCWF-сети имеют ограничения, которые накладываются на ресурсы: 1) количество доступных ресурсов в момент окончания работы процесса должно совпадать с начальным количеством ресурсов, 2) при любой достижимой разметке количество доступных ресурсов не может превышать начальное количество [14].

В некоторых источниках [15] критикуются модели бизнес-процессов, построенные на основе сетей Петри. В частности к недостаткам относят сложную графическую нотацию и невозможность описания некоторых видов WF-процессов. С

последним сложно согласиться, так как доказано, что ингибиторные сети Петри являются Тьюринг-полными [16].

6. Модель потоков работ на основе комбинированного инструментария сетей Петри.

Для решения поставленной задачи используется модификация сетей Петри, которая основана на свойствах иерархических, ингибиторных и управляющих сетей Петри [6]. Её отличие от традиционного представления PN-моделей состоит в применении при построении модели макроэлементов, которые по своим свойствам аналогичны элементам, которые описывают действительные и фиктивные работы в PDM-моделях, сетевых графиках на основе работ (табл. А). Макроэлементы используются вместе с классическими элементами сетей Петри, которые принадлежат вышеуказанным модификациям.

Правила функционирования предложенной модификации сетей Петри строятся на основе правил базовых интерпретаций и правил согласованного функционирования макроэлементов и базовых элементов, которые позволяют описывать сложную логику функционирования асинхронных процессов в моделях реальных объектов. В частности, макроэлементы сформированы по правилу, которым определено, что входные вершины – вершины переходов, выходные вершины – вершины мест. Данное правило обеспечивает возможность комбинации макроэлементов без применения базовых элементов сетей Петри. Использование базовых элементов PN при формировании модели также предусмотрено, так как далеко не все модели могут быть построены только на основе макроэлементов.

Пример моделирования потоков работ на одном из этапов проекта строительства, которое осуществляется по параллельно-последовательной схеме, предлагаемой модификацией сетей Петри представлен на рисунке 1. Построенная модель позволяет описать последовательность выполнения работ, дискретность обработки групп подчинённых заданий. Статические ресурсы (специальное оборудование и работники, которые его обслуживают) в модели представлены графическими конструкциями, динамически изменяемые ресурсы (материалы и частичные сборки) – метками с соответствующими характеристиками. Управляющие векторы X_i позволяют описать варианты выполнения заданий при разных внешних и внутренних характеристиках элементов работ. Использование сетей Петри позволяет также проводить автоматизированный анализ конфликтных свойств

модели, что способствует локализации и своевременному исправлению ошибок в моделях потоков работ.

7. Заключение.

Подход к моделированию потоков работ с описанием работ как событий (event-based) созвучен с предложенным в Манифесте анализа процессов (manifest process mining) от IEEE [17], где также указывается о необходимости использования инструментов динамического моделирования. В многочисленных работах предлагается использовать определённые интерпретации и модификации сетей Петри (PN) для моделирования и верификации алгоритмов управления потоками работ [2, 4, 7]. Проблемы, которые возникают при автоматическом формировании, корректировке и анализе моделей потоков работ, предлагают решать за счёт развития инструментария динамического

моделирования [3-4, 7, 10], к которому принадлежит и инструмент, описанный в работе.

Сформированная модель управления потоками работ на основе интерпретаций сетей Петри позволяет провести имитационное моделирование функционирования потоков работ проекта, исследовать влияние ресурсов и их характеристик на порядок выполнения проекта, выявить «узкие места» и предложить варианты повышения эффективности оперативных управленческих решений.

Перспективными задачами являются: 1) создание инструментов для гибких способов преобразования модели рабочего процесса, которые позволяют отобразить текущие изменения внутри процесса и в среде его функционирования, 2) создание инструментария для анализа модели и поиска решений, которые позволят делать такие преобразования в режиме реального времени [17].

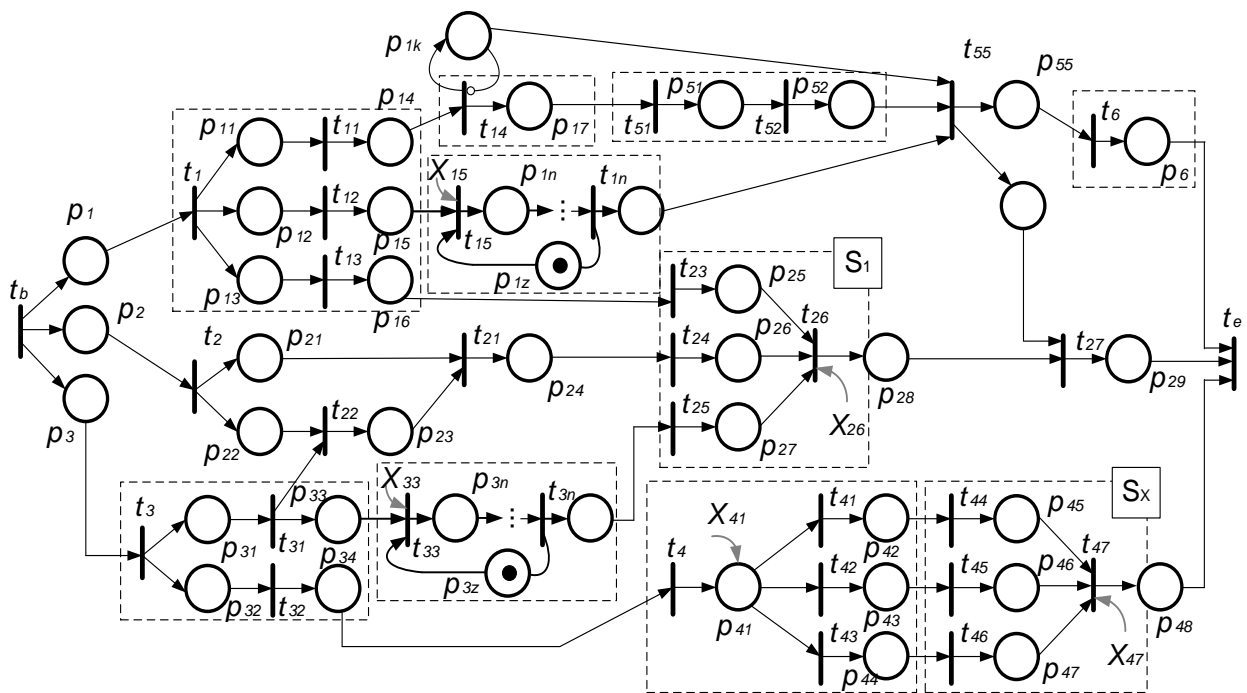


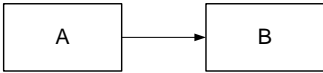
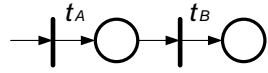
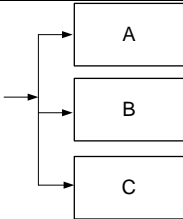
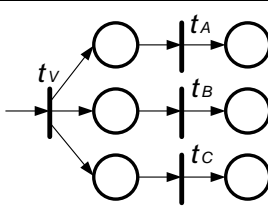
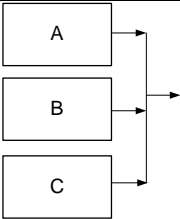
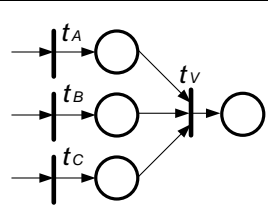
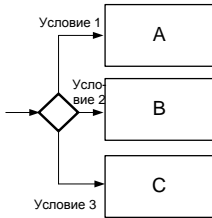
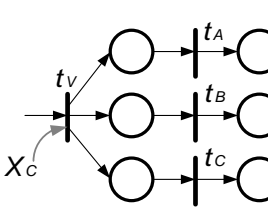
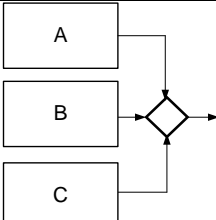
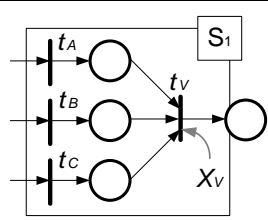
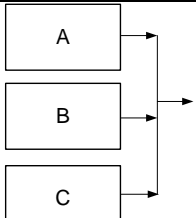
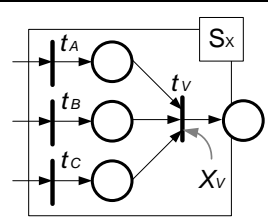
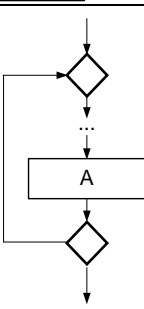
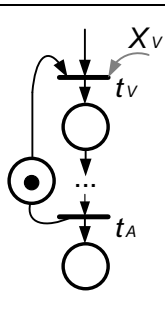
Рисунок 1 - Модель потоков работ одного из этапов проекта строительства.

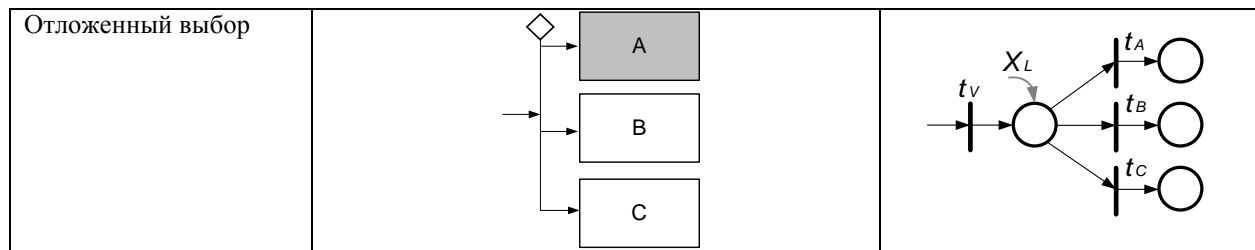
Таблица 1
 Графическое представление WF-паттернов модификацией сетей Петр (PN)

Название WF-паттерна	Стандартное изображение WF-паттерна [8]	WF-паттерн в нотации PN
Действие	A	

Impact Factor ISRA (India) = 1.344
 Impact Factor ISI (Dubai, UAE) = 0.829
 based on International Citation Report (ICR)
 Impact Factor GIF (Australia) = 0.356

Impact Factor JIF = 1.500
 Impact Factor SIS (USA) = 0.438
 Impact Factor ПИИЦ (Russia) = 0.179

Последовательность		
Параллельное расщепление		
Синхронизация		
Исключающий выбор		
Простое соединение		
Дискриминатор		
Произвольный цикл		



References:

- Nesterenko AK, Bezdushnyj AA, Sysoev TM (2004) Vozmognosti sluzby upravleniya potokami rabot po manipulirovaniyu resursami repozitarija ISIR. Available: http://www.benran.ru/Magazin/cgi-bin/Sb_03/pr03.exe?!22 (Accessed: 05.01.15).
- Bashkin VA, Lomazova IA (2013) O razreshimosti bezdefektnosti dlja setej potokov rabot s neogranichennym resursom. Modelirivanie I analiz informazionnyh system. t.20, № 4, pp. 23-40.
- H. Russell, A.H.M. ter Hofstede, W.M.P. van der Aals, N. Mulyar (2006) Workflow Control-Flow Patterns: A Revised View. Available: <http://www.workflowpatterns.com/patterns/control/> (Accessed: 03.01.15)
- W.M.P. van der Aals (2015) Three good reasons for using a Petri-net-based workflow management system. / Eindhoven University of Technology. Available: <http://www.wis.win.tue.nl/~wvdaalst/publications/p52.pdf> (Accessed: 09.01.15)
- Hollingzuort D (2014) WorkFlow kak sredstvo integracii. Available: <http://www.pcweek.ru/idea/article/detail.php?ID=57887> (Accessed: 31.07.14)
- Kuzmuk VV, Suprunenko OO (2010) Modifiziro-vannye seti Petri i ustrojstva modelirovanija paralelnyh prozessov: monmgraphija. Kiev: Maklout, 252.
- Lomazova IA (2009) Adaptivnoe i dinamicheskoe modelirovanie potokov rabot na osnove vzaimodejstvujusih setej Petri. Metody i sredstva obrabotki infirmazii (konferencija). Moskva: Izdatelskij otdel fakulteta vytechislitelnij matematiki i kibernetiki MGU, t.2, pp. 32-37.
- Mihev A, Orlov M (2004) Perspektivy WorkFlow-sistem. Part 1. Available: <http://www.pcweek.ru/idea/article/detail.php?ID=67765> (Accessed: 27.03.14)
- (2014) OLAP-kub. Available: <http://uk.wikipedia.org/wiki/OLAP-ky6> (Accessed: 27.03.14)
- Lomazova IA (1999) Ob odnom podhode k modelirovaniju raspredelennyh algoritmov upravlenija multiagentnymi sistemami. (ICIT'99) Available: <http://www.botik.ru/~raai/Resource/ICIT99.ru.shtml> (Accessed: 17.12.14)
- Skopin I (2004) Osnovy menedgmenta programmnyh proektov. Available: <http://www.intuit.ru/studies/courses/38/38/info> (Accessed: 28.03.14)
- Vasil'ev VV, Kuzmuk VV (1990) Seti Petri, paralelnye algoritmy i modeli multiprozessornyh sistem. Kiev: Naukova dumka, 216.
- Suprunenko OO (2012) Rozrobka vizualno-analitznyh zasibiv upravlinnja programnym proektom. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – № 2/3 (56), pp. 46-49.
- van Hee K, Serebrenik A, Sidorova N, Voorhoeve M (2005) Soundness of Resource-Constrained Workflow Nets // Applications and Theory of Petri Nets 2005 / Ed. by G. Ciardo, P. Darondeau. Springer Berlin Heidelberg, 2005. Vol. 3536 of Lecture Notes in Computer Science. pp. 250–267.
- Micheev A, Orlov M (2004) Perspektivy WorkFlow-sistem. Part 2. Available: <http://www.pcweek.ru/idea/article/detail.php?ID=68049> (Accessed: 29.12.14)
- Gabriel Ciobanu, G. Michele Pinna (2012) Catalytic Petri Nets Are Turing Complete / Language and Automata Theory and Applications. Lecture Notes in Computer Science Volume 7183. 2012, pp. 192-203.
- Will van der Aalst (2012) Analiz prozessov – most mezdu BI i BPM. Otkrytye sistemy, № 2. Available: <http://www.osp.ru/os/2012/02/13014099/> (Accessed: 12.01.15)