DOI: 10.14529/iimj160404

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКТОВ АУТСОРСИНГОВЫХ ИТ-КОМПАНИЙ НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ

А.М. ВОЗНЫЙ, Н.Р. КНЫРИК, К.В. КОШКИН

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

В статье предложена имитационная модель проекта аутсорсинговой ИТ-компании на основе иерархической стохастической временной сети Петри. Сформировано дерево классов объектов, представлены диаграммы их состояний, построена иерархия сетей Петри.

Ключевые слова: управление ИТ-проектами, имитационное моделирование, сети Петри.

Постановка проблемы в общем виде. Особенности процессов разработки программного обеспечения аутсорсинговыми ИТ-компаниями требуют специфической методологии и инструментальных средств управления проектами. Существенной с точки зрения успеха проекта проблемой осуществление объективного является мониторинга текущего состояния продукта методологий проекта. Большинство управления ІТ-проектами не имеют эффективных средств доступа к объективной, полной и достоверной информации об состояния продукта. изменении препятствует формированию своевременных и оптимальных управленческих воздействий на проект.

Анализ последних исследований публикаций. Разработку ИТ-проектов можно рассматривать как сложную динамическую организационную систему [1]. Эффективным моделирования дискретных средством систем с параллельными и асинхронными процессами Петри. являются сети Применение математического данного аппарата осуществлять позволяет планирование и мониторинг состояний продукта проекта [2],поэтому его целесообразно использовать для разработки моделирования процессов программного обеспечения.

Формализм сетей Петри позволяет вводить ряд дополнительных правил и условий моделирования, В алгоритмы получая ту или иную разновидность сетей. Различают временные, стохастические, функциональные, цветные, ингибиторные, вложенные, иерархические другие расширения сетей [3-6].

Выделение нерешенной ранее части общей проблемы. Использование какого-либо

одного расширения сети Петри не позволяет в полной мере решить описанную выше проблему, в связи c чем возникает необходимость разработки комплексной использованием модели c различных подходов. В качестве основного расширения наибольший интерес представляют иерархические сети. Они являются обобщением регулярных сетей и служат для моделирования иерархических которые содержат как простые (атомарные) компоненты, так и сложные (составные), представляющие собой самостоятельную сеть [4]. С учетом специфики задачи моделирования данный тип сети необходимо дополнить временной и стохастической компонентами.

Целью исследования является формирование подходов к разработке и применению имитационных моделей проектов аутсорсинговой ИТ-компании для повышения качества принимаемых управленческих решений.

Основная часть исследования. Системы с дискретным временем можно представить как структуру, образованную из элементов двух типов: событий (позиций) и условий (переходов).

Полное определение сети Петри, включая данные о начальной маркировке μ_0 , можно записать в виде:

 $C = (P, T, I, O, \mu_0)$,

где $P = \{p_1, p_2, ..., p_n\}, n \ge 0$ — конечное множество позиций, $T = \{t_1, t_2, ..., t_m\}, m \ge 0$ — конечное множество переходов, таких, что $P \cap T = \emptyset$. $I: T \to P^{\infty}$ — входная функция — отображением переходов в комплекты позиций, $O: T \to P^{\infty}$ — выходная функция — отображение из переходов в комплекты позиций [3].

Граф G сети Петри — это двудольный ориентированный мультиграф G=(V,E), где $V=P\cup T$ — множество вершин, $E=\{e_1,e_2,...,e_r\}$ — комплект направленных дуг, $e_i=(v_j,v_k)$, где $v_j,v_k\in V$ и для любой направленной дуги либо $v_j\in P,v_k\in T$, либо $v_i\in T,v_k\in P$.

Маркировка μ сети Петри отображение множества позиций Р множество неотрицательных целых чисел $\mu: P \to N$. Т.е. каждому элементу множества P соответствует натуральное число, которое отражает потенциал данной позиции $\mu: P \to N$ – количество маркеров (фишек) в срабатывании позиции При p_i . (возбуждении или запуске) перехода маркеры из входных позиций этого перехода перемещаются в выходные позиции. Переход активизируется (разрешен) при количестве маркеров во входных позициях большем или равном кратности входящих Функционирование сети можно представить как последовательную смену маркировок в результате срабатываний переходов.

В сетях Петри можно выделите следующие типы переходов.

Переход AND-join — оператор перехода, который имеет две или более входных и одну выходную позицию. Обычно это точка закрытия параллельного выполнения. Для перехода этого типа определено следующее поведение: если есть хотя бы одна фишка в каждой входной позиции, одна фишка удаляется из каждой из этих позиций и одна фишка добавляется в выходную позицию.

Переход AND-split – оператор перехода, у которого есть, по меньшей мере, одна фишка во входной позиции, одна фишка удаляется из этой позиции и одна фишка добавляется в каждую выходную позицию.

Переход XOR-join срабатывает, если есть, по меньшей мере, одна фишка хотя бы в одной из входных позиций. Эта фишка удаляется из входной позиции и добавляется в выходную.

Переход XOR-split срабатывает, если есть, по крайней мере, одна фишка во входной позиции, она удаляется из этой позиции и добавляется в одну из выходных позиций.

Иерархическая сеть содержит переходы, в которые вложены другие, возможно, также иерархические, сети. Срабатывание такого перехода характеризует выполнение полного жизненного цикла подсети.

Для наглядности сложные переходы часто обозначаются прямоугольником. Такой

переход начинает выполнение с изъятия фишек из входных позиций и завершает, соответственно, помещая фишки в выходные. Основное отличие от простого перехода заключается в том, что между этими двумя моментами могут срабатывать другие переходы.

В момент активации составного перехода из его входных позиций извлекаются фишки, вложенная сеть начинает после чего функционирование исходя из своей начальной разметки. Когда после очередного срабатывания внутреннего перехода вложенной сети в ней не остается разрешенных переходов, она прекращает работу. В этот момент соответствующий переход помещает составной фишки в выходные позиции и переходит в пассивное При следующей состояние. активации составного перехода вложенная сеть снова размечается в соответствии co своей начальной разметкой и начинает новый жизненный цикл.

Как было определено ранее, особенности процессов разработки программного обеспечения не позволяют ограничиться какой-либо одной модификацией сетей Петри, поэтому для моделирования проектов аутсорсиговых ИТ-компаний предлагается использовать иерархические стохастические временные сети.

Иерархическая сеть состоит из сетей нескольких рангов. Узлы сети k-го ранга включаются в один или несколько узлов сети (k-1)-го ранга.

Иерархическая стохастическая временная сеть Петри k-го ранга

 $C^{(k)} = (P^{(k)}, T^{(k)}, W^{(k)}, L^{(k)}, M^{(k)}, D^{(k)}, \mathfrak{u}_0^{(k)})$ множествами: задастия $P^{(k)} = \{p_1^{(k)}, p_2^{(k)}, ..., p_n^{(k)}\}, n \ge 0$ конечное множество позиций, $T^{(k)} = \{t_1^{(k)}, t_2^{(k)}, \dots, t_m^{(k)}\}, m \ge 0$ конечное множество переходов, таких, что $P^{(k)} \cap T^{(k)} =$ \varnothing . $W^{(k)} \subseteq (P^{(k)} \times T^{(k)}) \cup (T^{(k)} \times P^{(k)})$ — конечное множество дуг, $L^{(k)}:W^{(k)}\to N$ – кратность дуг, $M^{(k)} = \{m^{(k)} \mid m^{(k)} \in [0,1]\}$ — множество значений, задающих вероятность запуска, $D^{(k)}: T^{(k)} \to N$ — длительность срабатывания $\mu_{_{0}}^{(k)}$ – вектор переходов, начальной маркировки.

Любой элемент множества переходов $T^{(k)} = \{t_1^{(k)}, t_2^{(k)}, \dots, t_m^{(k)}\}, m \geq 0$ может представлять собой самостоятельную сеть Петри. Т.е. $\forall i, \ i=1,2,\dots,n, \ t_i^{(k)} = C^{(k+1)}, \$ где $C^{(k+1)} =$

 $=(P^{(k+1)},T^{(k+1)},W^{(k+1)},L^{(k+1)},M^{(k+1)},D^{(k+1)},\mu_0^{(k+1)})$

Рассмотрим порядок формирования сети Петри на примере проекта разработки вебсервиса для диспетчерской службы такси, обслуживающий запросы водителей. Используя микропроектный подход [7],

будем рассматривать его как мультипроект, состоящий из множества микропроектов.

Разработка модели мультипроекта начинается с формирования дерева классов объектов (рис. 1), являющихся продуктами и/или ресурсами всех микропроектов, включенных в мультипроект.



Рис. 1. Дерево классов объектов мультипроекта

Далее для каждого класса объектов необходимо определить возможные состояния и допустимые переходы между ними (диаграммы состояний). На рис. 2 и 3 представлены диаграммы состояний объектов "протокол" и "лист рассогласования" соответственно.

Последовательность переходов состояний абстрактных объектов в дальнейшем моделируется при помощи сети Петри. При формировании сети проверяется допустимость переходов в соответствии с диаграммами состояний.

Мультипроект разработки веб-сервиса включает в себя такие мультипроекты: разработка технического задания (T3)разработка технического проекта $(T\Pi),$ согласование протокола обмена, разработка контроллера, разработка документов, разработка объектов, разработка структуры БД, разработка коннектора к БД, итоговое тестирование и доработка. Мультипроект "Согласование протокола" в свою очередь разработка содержит микропроекты: отправка протокола, протокола на согласование, разработка листа рассогласования (ЛР), согласование ЛР, формирование доработок, списка согласование протокола. Аналогично декомпозируются остальные мультипроекты.

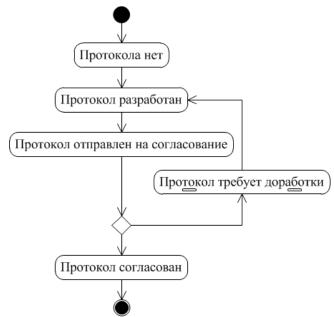


Рис. 2. Диаграмма состояний объекта «Протокол обмена»

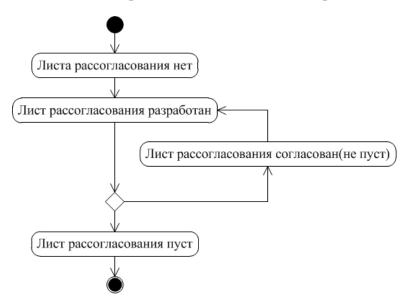


Рис. 3. Диаграмма состояний объекта «Лист рассогласования»

Верхний (контекстный) уровень сети Петри представлен одним переходом (рис. 4), который обозначает проект разработки вебсервиса в целом. Как видим, основным условием начала перехода (проекта) является наличие всех необходимых ресурсов.

На рис. 5 представлена сеть первого уровня декомпозиции. Серым цветом помечены состояния продукта, представленные на контекстном уровне.

На рис. 6 представлена сеть второго уровня декомпозиции для перехода (мультипроекта) «Согласование протокола». Представленная сеть содержит условный переход (XOR-split) «Согласование ЛР»,

который моделирует вероятность того, что протокол потребует доработки.

Предложенная модель может быть использована:

 как средство прогнозирования, позволяющее предсказывать поведение проекта и управлять им, оценивая различные варианты управления на модели; оптимальных нахождения соотношений параметров, а также для определения особых (критических) режимов реализации проекта. Исследование моделируемой системы можно осуществить путем проведения простых и оптимизационных экспериментов, анализа по Монте-Карло методу И анализа чувствительности [8].

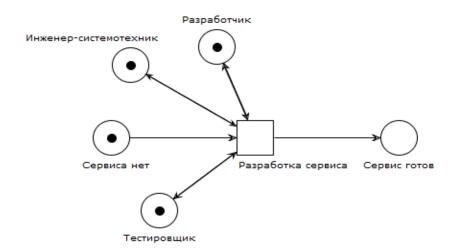


Рис. 4. Верхний уровень формализации проекта разработки веб-сервиса

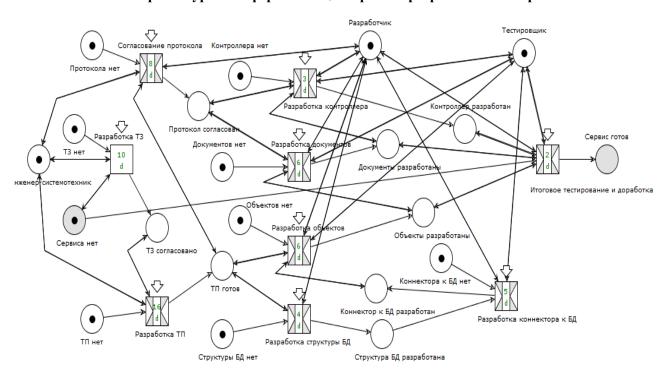


Рис. 5. Сеть Петри первого уровня декомпозиции

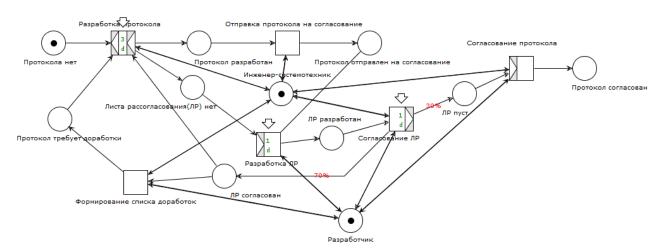


Рис. 6. Сеть Петри для перехода «Согласование протокола»

Литература

- 1. Бурков В.Н. Введение в теорию управления организационными системами [Текст] / В.Н. Бурков, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков; под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. М.: Либроком, 2009. 264 с.
- 2. Возный, А. М. Имитационное моделирование ИТ-проектов на основе сетей Петри / А. М. Возный, К. В. Кошкин, Н. Р. Кнырик // Вісник НТУ «ХПІ». Сер. Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. Х., 2015. № 1 (1110). С. 24-28.
- 3. Питерсон, Джеймс. Теория сетей Петри и моделирование систем: пер. с англ. [Текст] / Джеймс Питерсон. М.: Мир, 1984. 264с.
 - 4. Котов, В. Е. Сети Петри / В. Е. Котов. М.: Hayka, 1984. 160 c.
- 5. Ломазова, И. А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределенных систем с объектной структурой / И. А. Ломазова . М. : Научный мир, 2004 . 208 с.
- 6. Аалст, Вил ван дер, Управление потоками работ: модели, методы и системы [Текст]: пер. с англ. / Вил ван дер Аалст, Кейс ван Хей; Ред. И. А. Ломазова. М.: Физматлит, 2007. 316 с.
- 7. Возный, А. М. Оценка сценариев развития организационных систем на основе модельных экспериментов / А. М. Возный, К. В. Кошкин, Н. Р. Кнырик // Вісник НТУ «ХПІ». Сер. Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. Х., 2014. № 2 (1045). С. 27-32.

Возный Александр Михайлович — кандидат технических наук, доцент, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г.Николаев, Украина.

Кнырик Наталья Рамуальдовна — старший преподаватель, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев, Украина.

Кошкин Константин Викторович – доктор технических наук, профессор, директор института компьютерных и инженерно-технологических наук Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев, Украина.

Дата поступления 29 августа 2016 г.

DOI: 10.14529/iimj160404

SIMULATION OF OUTSOURCING IT-COMPANY'S PROJECTS BASED ON PETRI NETS

A.M. VOZNII, N.R. KNYRIK, K.V. KOSHKIN

Admiral Makarov National University of shipbuilding, Nikolaev, Ukraine

The paper proposes a simulation model of outsourcing IT-company's projects based on hierarchical stochastic timed Petri net. Formed the hierarchy of classes of objects and their state diagrams, construct the hierarchy of Petri nets.

Key words: IT project management, simulation, Petri nets.

References

- 1. Burkov, V.N. Introduction to the theory of organizational control systems [text] /V.N. Burkov, N.A. Korgin, D.A. Novikov ed. by corresponding member of RAS D.A. Novikov // M.: Librokom, 2009. 264 p.
- 2. Voznyi, A.M. Simulation of IT-projects based on Petri nets/A.M. Voznyi, K.V. Koshkin, N. R. Knyrik // Bulletin Of NTU "KHPI". Ser. Strategic management, management of portfolios, programs, and projects. X. 2015. No. 1 (1110). Pp. 24-28.
- 3. Peterson, James. Theory of Petri nets and systems modeling: translated from English. [Text] / James Peterson// M.: World, 1984. 264 p.
 - 4. Kotov, V.E. Petri nets / V.E Kotov // M.: Science, 1984. 160 p.
- 5. Lomazova, I. A. Nested Petri nets: modeling and analysis of distributed systems with object structure / I.A. Lomazovam // M.: Scientific world, 2004. 208 p.

- 6. Aalst, Wil van der, Workflows management: models, methods and systems [text]: translated from. English /Wil van der Aalst, Kees Van Hay ed. by I.A. Lomazov // M.: Physmathlit, 2007. 316 p.
- 7. Voznyi, A.M. Development scenario assessment of organizational systems based on model experiments / A. M. Voznyi, K.V. Koshkin, N.R. Knyrik // Bulletin Of NTU "KHPI". Ser. Strategic management, management of portfolios, programs, and projects. X, 2014. No. 2 (1045). Pp. 27-32.

Voznii Alexandr Mikhailovich – candidate of Technical Sciences, associate professor, Admiral Makarov National University of shipbuilding, Nikolaev, Ukraine.

Knyrik Natalia Ramualdovna – senior professor, Admiral Makarov National University of shipbuilding, Nikolaev, Ukraine

Koshkin Konstantin Viktorovich – Doctor of Technical Science, professor, Director of the Institute of computer and engineering sciences, Admiral Makarov National University of shipbuilding, Nikolaev, Ukraine.

Received 29 August 2016

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Возный, А.М. Имитационное моделирование проектов аутсорсинговых ИТ-компаний на основе сетей Петри / А.М. Возный, Н.Р. Кнырик, К.В. Кошкин // Журнал Управление инвестициями и инновациями. — 2016. — №4. С. 26 — 32. DOI: 10.14529/iimj160404

FOR CITATION

Voznii A.M., Knyrik N.R., Koshkin K.V. Simulation of outsourcing IT-company's projects based on Petri nets. *Investment and innovation management journal.* – 2016. – No. 4. Pp. 26 – 32. DOI: 10.14529/iimj160404