

and its application". *The 7<sup>th</sup> IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications* Berlin, Germany (2013). 578–582. Print.

6. Kononenko, I.V., and Haraziy, A.V. "Trehetapnyiy metod vyibora optimalnoy metodologii upravleniya proektom". *Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija "Matematicheskoe modelirovanie protsessov v ekonomike i upravlenii innovatsionnyimi proektami (MMP-2014)"*, Koblevo, 16-21 sentyabrya 2014 g. Trudyi – Harkov: HNURE, (2014). 103–105. Print.

7. Kononenko, I.V., and Kolesnik M.E. "Razrabotka i primenenie programmnoho obespecheniya dlya optimizatsii soderzhaniya proektov po kriteriyam pribyil, vremya, stoimost, kachestvo i riski". *Upravlnnaya proektami: stan ta perspektivi: tezi dopovldey VIII MizhnarodnoYi naukovo-praktichnoYi konferentsiyi. Mikolayiv* (2012). 94–95. Print.

8. Kononenko, I. V., E. V. Lobach and A. V. Haraziy "Mnogokriterialnaya optimizatsiya soderzhaniya proekta pri zadannyih prioritetah dlya kriteriev *Open information and computer integrated technologies: Sb. nauch. trudov.* Harkov: Nats. aerokosmicheskiiy un-t «NAU». No. 59. (2013). 6–13. Print.

*Поступила (received) 05.12.2014*

УДК 005.8: 519.876.5

**А. М. ВОЗНЫЙ**, канд. техн. наук, доц., НУК, Николаев;  
**К. В. КОШКИН**, д-р техн. наук, проф., директор ИКИТН НУК;  
**Н. Р. КНЫРИК**, старший преподаватель, НУК, Николаев

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИТ-ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Предложена интегрированная имитационная модель ИТ-проекта на основе модифицированной сети Петри, которая объединяет модель продукта и модель работ проекта. Представлена содержательная интерпретация компонентов имитационной модели, описан процесс симуляции на ее основе.

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

**Введение.** Концепция проекта в области информационных технологий описывает процесс создания и сопровождения систем в виде жизненного цикла (ЖЦ), представляя его как последовательность стадий и выполняемых процессов. Для каждого этапа жизненного цикла определяются состав и последовательность выполняемых работ, получаемые результаты, методы и средства, необходимые для выполнения работ, состояние продукта, роли и ответственность участников и т.д. Такое формальное описание позволяет спланировать и организовать процесс коллективной разработки программного обеспечения (ПО) и обеспечить управление этим процессом.

Существенной с точки зрения успеха проекта проблемой является осуществление объективного мониторинга текущего состояния продукта проекта. Большинство методологий управления ИТ-проектами не имеют эффективных средств доступа к объективной, полной и достоверной

информации об изменении состояния продукта. Это препятствует формированию своевременных и оптимальных управленческих воздействий на проект.

**Постановка проблемы в общем виде.** В управлении ИТ-проектами выделяют каскадную и итеративную модели процессов разработки ПО.

Каскадная разработка или модель водопада (англ. waterfall model) – модель процесса разработки программного обеспечения, в которой процесс разработки выглядит как поток, последовательно проходящий фазы анализа требований (requirements), проектирования (analysis and design), реализации (implementation), тестирования (testing), интеграции и поддержки (deployment) [1].

Проблемой применения этой модели является то, что каждое изменение требований заставляет возвращаться к фазе определения требований и повторять весь процесс сначала. Кроме того, в ней ограничены возможности оценки и корректировки важных атрибутов проекта – скорости разработки, качества продукта (адекватно оценить их становится возможным только на поздних этапах реализации проекта).

Современные методологии управления ИТ-проектами ориентированы на итеративный процесс разработки: Rational Unified Process, Microsoft Solutions Framework и Agile (Scrum, Extreme Programming, Crystal, Feature Driven Development). Итеративная разработка (англ. iteration – повторение) – выполнение работ параллельно с непрерывным анализом полученных результатов и корректировкой предыдущих этапов работы. Проект при этом подходе в каждой фазе развития проходит повторяющийся цикл: планирование–реализация–проверка–оценка (англ. *plan–do–check–act cycle*).

В большинстве методологий делается упор на определение комплекса работ, последовательности выполнения и их детального содержания. Формальный мониторинг состояния продукта либо не осуществляется совсем, либо модель продукта примитивна и не позволяет целостно понять, что представляет собой продукт в текущий момент времени, тем более планировать его состояние в будущем.

Методология PRINCE2 является процессно-ориентированной с фокусом на продукт (product-based), в ней четко разграничены понятия жизненного цикла проекта и жизненного цикла продукта проекта. PRINCE2 предлагает специальную технику планирования PBS (Product Breakdown Structure): целевой продукт разбивается на непересекающиеся подпродукты (по сути – выполняемые работы), которые должны быть произведены во время данного проекта. Затем разрабатывается детальное описание этих продуктов с критериями оценки качества.

В Scrum (методология гибкой разработки) модель продукта представлена в виде журнала [2]. В рамках типовых активностей аналитик выявляет и прорабатывает требования к продукту, формируя журнал

продукта, который выделяет функциональные области (Epic, высокоуровневые функции продукта) и формирует Product Backlog пользовательских историй (User Story), группируя их по функциональным областям. В процессе работ над проектом журнал продукта может пересматриваться и дополняться – в него включаются новые требования, удаляются ненужные, пересматриваются приоритеты.

Таким образом, успешная реализация ИТ-проектов сегодня невозможна без мониторинга состояния проекта, состояния продукта проекта, анализа отклонений при реализации проекта, координации и перераспределения ресурсов. Однако, в существующих методологиях управления ИТ-проектами отсутствует необходимая для этого модель продукта, интегрированная с моделью работ проекта.

**Целью работы** является разработка интегрированной имитационной модели ИТ-проектов на основе сетей Петри.

**Изложение основных результатов исследования.** В качестве примера рассмотрим проект создания компонента сайта "календарь событий" формируемого согласно модели MVC. Изменения состояния создаваемого в проекте продукта происходят скачкообразно через достаточно длительные промежутки времени, потому для описания состояний продукта целесообразно использовать дискретное время. При этом можно рассматривать моделируемую динамическую систему лишь в моменты смены состояний.

Эффективным средством формального описания и анализа дискретных систем с параллельными и асинхронными процессами является использование формализма сетей Петри. Системы с дискретным временем можно представить как структуру, образованную из элементов двух типов: событий (позиций) и условий (переходов).

Сеть Петри определяется четырьмя множествами:

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

где  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}, n \geq 0$  – конечное множество позиций,  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}, m \geq 0$  – конечное множество переходов, таких, что  $P \cap T = \emptyset$ ,  $I: T \rightarrow P^\infty$  – входная функция – отображением переходов в комплекты позиций,  $O: T \rightarrow P^\infty$  – 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,  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_r\}$  – 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  $v_j \in T, v_k \in P$ .

Маркировка  $\mu$  сети Петри – это отображение множества позиций  $P$  во множество неотрицательных целых чисел  $\mu: P \rightarrow N$ . Т.е. каждому элементу множества  $P$  соответствует натуральное число, которое отражает потенциал данной позиции  $\mu(p_i) = \mu_i$  – количество фишек в позиции  $p_i$ .

В качестве средства для моделирования работы сети Петри, описывающей процесс создания компонента сайта (рис. 1), была выбрана среда *AnyLogic*.

В представленной модели произведена декомпозиция проекта на микропроекты, в результате выполнения которых происходит изменение состояния соответствующего продукта. При наличии ресурсов в ситуации, когда продукт находится в состоянии, которое необходимо для начала выполнения микропроекта, происходит срабатывание перехода компонента продукта в новое состояние.

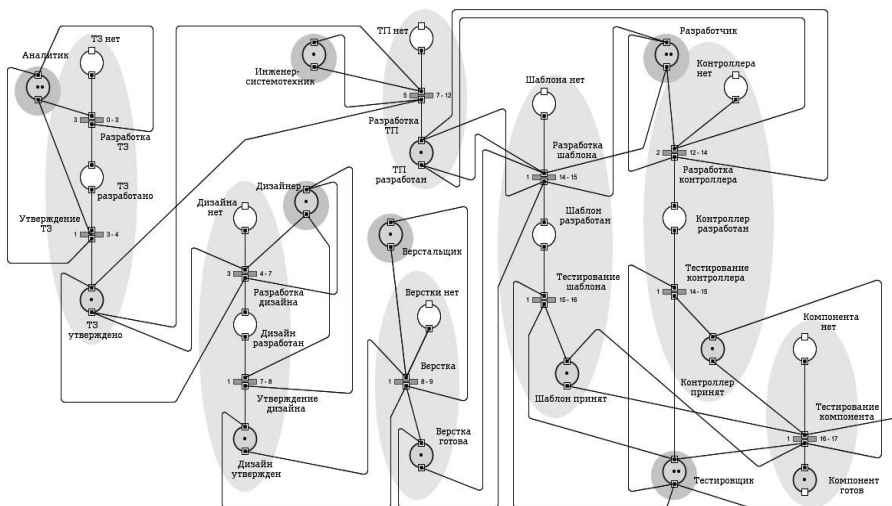


Рис. 1 – Имитационная модель ИТ-проекта создания компонента сайта

Объектами модели являются: компоненты продукта, ресурсы (исполнители) и работы (микропроекты). Множество позиций  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_{23}\}$  созданной сети Петри – это объединение множества состояний компонентов продукта и множества состояний ресурсов. Множество переходов  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_{13}\}$  – это совокупность работ проекта (микропроекты).

Процесс симуляции на основе модели демонстрирует процесс последовательно-параллельной активизации переходов. Переход активизируется при количестве фишек во входных позициях большем или равном кратности дуг. Другими словами, работа может начаться только тогда, когда определенный компонент продукта находится в определенном состоянии и имеется достаточное количество доступных ресурсов. При срабатывании перехода происходит перенос фишек из входных позиций в выходные согласно кратности дуг (расходование / высвобождение ресурсов и переход компонента продукта в новое состояние). Завершение процесса симуляции приводит сеть к разметке, которая называется конечной.

Сети Петри моделируют широкий класс систем, но в определенных случаях удобно применять сети Петри не общего вида, а их расширения (временные, стохастические, функциональные, ингибиторные, иерархические и цветные сети Петри). Так, модель создания компонента сайта представляет собой временную сеть Петри, поскольку в ней моделируется не только последовательность событий, но и их привязка ко времени. Для каждого перехода определен вес – продолжительность срабатывания (задержка), что позволяет исследовать временные характеристики моделируемой системы.

### **Выводы.**

1 В работе сформулирована концепция интеграции модели продукта и модели работ проекта на основе модифицированной сети Петри, а также предложена соответствующая имитационная модель ИТ-проекта.

2 Дальнейшие исследования должны быть направлены на формализацию процедур планирования и проведения модельных экспериментов [4].

**Список литературы:** 1. Royce, W. W. Managing the development of large software systems [Text] / W. W. Royce. – Proceedings of IEEE Wescon, 1970. – P. 382–338. 2. Кон, Майк. Scrum : гибкая разработка ПО : пер. с англ. [Текст] / Майк Кон. – М. : ООО "И.Д. Вильямс", 2011. – 576 с. 3. Питерсон, Джеймс. Теория сетей Петри и моделирование систем : пер. с англ. [Текст] / Джеймс Питерсон. – М. : Мир, 1984. – 264с. 4. Кошкин К.В. Оценка сценариев развития организационных систем на основе модельных экспериментов [Текст] / К.В. Кошкин, А.М. Возный, Н.Р. Кнырик // Вісник ХТУ "ХП". Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Харків : ХТУ "ХП", 2014. – №2(1045). – С. 27–32.

**Bibliography (transliterated):** 1. Royce, W. W., "Managing the Development of Large Software Systems": *Proc. 9th. Intern. Conf. Software Engineering*, IEEE Computer Society Los Alamitos, CA, USA, 1987, 328-338. Print. 2. Kon, Mayk. *Scrum: hybkaya razrabotka PO*. Moscow: ООО "Y.D. Vyl'yams", 2011. Print. 3. Pyterson, Dzheymys. *Teoryya setey Petry y modelyrovanye system*. Moscow: Myr, 1984. Print. 4. Koshkin K.V., A.M. Voznyi and N.R. Knyrik. "Otsenka stsenariyev razvitiya organizatsionnykh sistem na osnove model'nykh eksperimentov." *Visnik NTU "HPI". Ser: Strategic management, portfolio management, program and project management*. No. 2(1045). Kharkiv : NTU "HPI", 2014. 27–32. Print.

*Поступила (received) 05.12.2014*