

УДК 519.857.6

И. В. Кононенко, д-р техн. наук,
А. Агаи

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРОЕКТА

Аннотация. Предложена имитационная модель для оценивания эффекта от применения методологии управления проектом. Модель отражает выполнение процессов создания продукта проекта и процессов управления. Модель построена с использованием расширения аппарата простых сетей Петри и моделирует работу команды проекта, занимающейся разработкой программного обеспечения.

Ключевые слова: имитационная модель, проект, методология управления, эффект, продукт, создание, сеть Петри, расширение, команда проекта, программное обеспечение

I. Kononenko, ScD.,
A. Aghaee

THE SIMULATION MODEL OF PROJECT IMPLEMENTATION

Abstract. In this paper, a simulation model for evaluating the effect of application of a project management methodology is proposed. The model reflects performance of project product creation processes and management processes. This model is constructed by extending simple Petri nets apparatus and simulates the work of project team, which is engaged in software development. The team consists of four people. Three of them are universal specialists, and the fourth is a tester. One member of the team performs the functions of Scrum master. The algorithm of project implementation modeling is offered. Petri net modeling carried out by using an algorithm that implements the event method. For representation of the network was introduced a special type of matrix. The proposed simulation model allows estimating the time required to create software and cost of such development. The obtained time and cost of the project take into account project management methodology that is used. It is possible to select the most appropriate methodology according to these criteria by modeling project implementation with an application of several alternative management methodologies.

Keywords: simulation model, project, management methodology, effect, product, creation, Petri net, extending, project team, software

I. В. Кононенко, д-р техн. наук,
А. Агаї

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЗДІЙСНЕННЯ ПРОЕКТУ

Анотація. Запропоновано імітаційну модель для оцінювання ефекту від застосування методології управління проектом. Модель відбиває виконання процесів створення продукту проекту і процесів управління. Модель побудована з використанням розширення апарату простих мереж Петрі і моделює роботу команди проекту, що займається розробкою програмного забезпечення.

Ключові слова: імітаційна модель, проект, методологія управління, ефект, продукт, створення, мережа Петрі, розширення, команда проекту, програмне забезпечення

Введение

Методология, применяемая для управления проектом, оказывает существенное влияние на характеристики проекта и его продукта. Эффект от применения методологии управления конкретным проектом может быть проанализирован с помощью имитационной модели. Такая модель должна отразить выполнение процессов создания продукта проекта и процессов управления. Осуществление процессов удобно представлять событийной моделью. Одним из эффективных средств моделирования событий в

объекте является аппарат сетей Петри [1].

Анализ литературы

Аппарат сетей Петри нашел применение в области имитационного моделирования проектов. Так в работах [2 – 5] предлагаются модели для планирования, анализа потребления ресурсов, оценивания продолжительности проектов и затрат по ним. В работе [6] представлено применение цветных сетей Петри для оценки рисков проекта. В работе [7] предложена имитационная модель ИТ проекта, которая объединяет модель продукта и модель работ проекта. В работе [8] представлен вычислительный метод на основе имитационного моделирования с приме-

© Кононенко И.В., Агаи А., 2016

нением сети Петри для планирования проекта строительства и анализа соглашения с субподрядчиком. В работе [9] предложен метод синтеза методологии управления проектом, однако он основан на оценках параметров проекта без использования имитационного моделирования. В доступных источниках не удалось найти ни одной работы, посвященной применению имитационного моделирования для оценивания и выбора методологии управления проектами.

Цель исследования

Целью работы является создание с помощью аппарата сетей Петри модели, которая бы позволила имитировать осуществление проекта в области создания программных продуктов и выбирать наиболее приемлемую методологию управления этим проектом.

Алгоритмы имитационного моделирования на основе аппарата сетей Петри
С помощью расширения аппарата простых сетей Петри, предложенного в статье [10], создана имитационная модель работы команды проекта. Расширение аппарата простых сетей Петри состояло во введении времени в сеть. Для моделирования времени в сеть введены специальные «временные» позиции. Наступление некоторого момента времени моделируется появлением маркера в такой позиции. Для этого ведется слежение за таймером компьютера. При наступлении ожидаемого момента времени маркер заносят в соответствующую позицию сети. Сеть Петри в варианте [10] описывается восьмеркой

$$C = \langle (M \setminus V, V), T, I, 0, m, Z, Q \rangle,$$

где: M – множество позиций; V – множество периферийных позиций; T – множество переходов; I – входная функция; 0 – выходная функция; m – маркировка; Z – функция, определяющая время; Q – множество решающих процедур.

Модель показана на рис. 1. Она отражает работу команды проекта, занимающейся разработкой программного обеспечения. В составе команды – четыре человека. Трое из них – универсальные специалисты, в том числе, осуществляющие программирование. В дальнейшем назовем их программисты. Четвертый специалист – тестировщик. Один из членов команды может выполнять функции Scrum мастера.

В данной модели приняты следующие обозначения:

P_1, P_2, P_3 – есть задание для 1-го, 2-го, 3-го программиста, соответственно;

P_4, P_5, P_6 – работа 1-го, 2-го, 3-го программиста, соответственно, над заданием;

B_1, B_2, B_3, B_4 – время выполнения работы 1-м, 2-м, 3-м программистами и тестировщиком, соответственно;

P_7, P_8, P_9 – работа 1-м, 2-м, 3-м программистами выполнена. Программистами производится самоконтроль работы;

P_{10}, P_{11}, P_{12} – в результате самоконтроля принимается решение, что задание в доработке не нуждается;

P_{13}, P_{14}, P_{15} – в результате самоконтроля принимается решение, что задание нуждается в доработке;

P_{16}, P_{17}, P_{18} – задание 1-м, 2-м, 3-м программистами выполнено, соответственно;

P_{19}, P_{20}, P_{21} – 1-й, 2-й, 3-й программисты, соответственно, свободны и готовы приступить к работе над заданием;

P_{22}, P_{23}, P_{24} – Генерация задания на доработку для 1-го, 2-го, 3-го программиста, соответственно;

P_{25}, P_{26}, P_{27} – задание не нуждается в тестировании;

P_{28}, P_{29}, P_{30} – задание нуждается в тестировании;

P_{31}, P_{32}, P_{33} – вывод информации в таблицу результатов работ;

P_{34} – есть задание, готовое для тестирования;

P_{35} – процесс тестирования начат;

P_{36} – тестирование окончено;

P_{37} – при тестировании не обнаружены ошибки;

P_{38} – обнаружены ошибки при тестировании;

P_{39} – вывод информации в таблицу результатов работ;

P_{40} – генерация задания программистам на устранение ошибок в коде;

P_{41} – тестировщик свободен и готов заняться тестированием;

t_1, t_2, t_3 – начинается работа 1-м, 2-м, 3-м сотрудником, соответственно, над процессом;

t_4, t_5, t_6 – заканчивается работа 1-м, 2-м, 3-м сотрудником, соответственно, над процессом;

t_7, t_8, t_9 – принимается законченный процесс от 1-го, 2-го, 3-го сотрудника, соответственно;

t_{10}, t_{11}, t_{12} – генерируется задание на доработку для 1-го, 2-го, 3-го сотрудника, соответственно;

t_{13}, t_{14}, t_{15} – процесс отправляется на доработку 1-му, 2-му, 3-му сотруднику, соответственно;

t_{16}, t_{17}, t_{18} – перенос хода моделирования процессов в таблицу результатов;

t_{19}, t_{20}, t_{21} – генерируется задание на тестирование;

t_{22} – начинается процесс тестирования;

t_{23} – заканчивается процесс тестирования;

t_{24} – генерируется задание на устранение ошибок при программировании;

t_{25} – перенос хода тестирования в таблицу результатов.

Аналогично может быть сделана модель для команды, состоящей из большего числа программистов и тестировщиков.

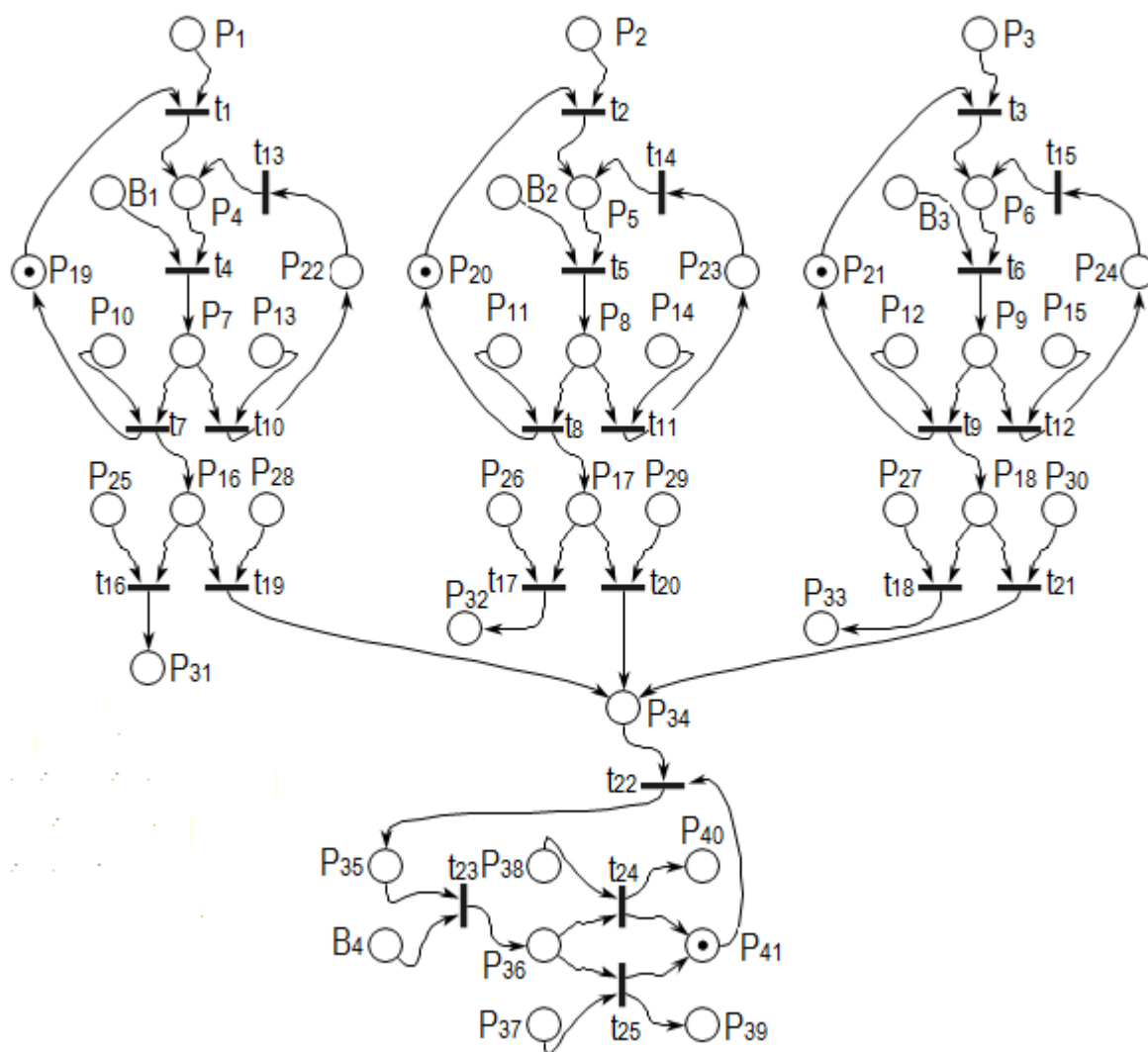


Рис. 1. Маркированная сеть Петри, моделирующая работу команды проекта

Алгоритм моделирования осуществления проекта можно представить в виде следующих шагов.

1. В таблицу заданий заносятся названия процессов, их ожидаемое время выполнения, возможное отклонение от ожидаемого времени в процентном отношении, номер исполнителя, условие начала выполнения процесса, т.е. номера предыдущих процессов, которые должны быть завершены к моменту начала рассматриваемого. Также заносится вероятность того, что во время выполнения конкретного процесса возникнет рисковое событие, и время, необходимое для устранения последствий от этого события.

2. Анализируется процесс из таблицы заданий с наименьшим порядковым номером. Если условия для начала работы выполняются, фишка появляется в позиции сети, определяющей наличие задания для соответствующего исполнителя (в данном случае в позиции P_1, P_2, P_3). Иначе ожидаем наступления момента, когда условия будут выполняться.

3. Если исполнитель занят, то ожидаем его освобождения. Если свободен, переходим к следующему пункту алгоритма.

4. Фишка появляется в позиции, обозначающей то, что работа выполняется (в данном случае в позиции P_4, P_5, P_6). Начинается отсчет времени, выделенного для выполнения процесса.

5. По истечении времени, выделенного для выполнения процесса, фишка появляется во временной позиции B_i . Срабатывает переход, обозначающий окончание работы. С помощью генератора случайных величин, распределённых по равномерному закону, определяется, нуждается процесс в доработке или нет. Если процесс нуждается в доработке, то фишка поступает в соответствующую позицию P_{13}, P_{14} или P_{15} . Если процесс в доработке не нуждается, то фишка подается в позицию P_{10}, P_{11} или P_{12} .

6. Если процесс не нуждается в доработке, фишка в соответствии с логикой сети попадает в позицию, показывающую, что исполнитель освобожден и готов присту-

пить к новому процессу, а также в позицию, появление фишки в которой свидетельствует об окончании работы над заданием.

Если необходимо переделать и/или доделать работу, фишка попадает в позицию генерации задания на доработку, т.е. P_{22}, P_{23}, P_{24} , формируется задание на доработку и заносится в таблицу заданий ниже выполненного процесса. В результате срабатывает переход, и фишка появляется в позиции P_4, P_5 или P_6 , обозначающей работу 1-го, 2-го или 3-го программиста, соответственно, над заданием. Начинается отсчет времени на работу. Фишка появится во временной позиции по истечении данного времени. Время для дополнительной работы над заданием определяется в процентном отношении от основного времени, выделенного на его выполнение. Если завершённый процесс не нужно тестировать, ход имитационного моделирования выводится в таблицу результатов.

7. Если завершённый процесс необходимо тестировать (это касается только процессов кодирования), то генерируется задание на тестирование.

8. Из таблицы заданий выбирается задание на тестирование с наименьшим порядковым номером. Процесс тестирования начинается, если тестирующий свободен. Время, выделенное на тестирование, определяется в процентном отношении от времени, выделенного на кодирование данного модуля.

9. Если при тестировании не было обнаружено ошибок, то процесс считается выполненным успешно и ход имитационного моделирования выводится в таблицу результатов.

10. Если при тестировании были обнаружены ошибки, то генерируется задание программисту, работающему над этим модулем, на исправление ошибок. Задание на доработку в таблицу помещается в позицию с наименьшим порядковым номером. Переход к пункту 2.

Моделирование сети Петри осуществлено с помощью алгоритма, реализующего событийный метод и предложенного в работе [10].

Разработанная имитационная модель позволяет оценивать затраты времени на создание программного обеспечения и стоимость такой разработки. Для оценивания стоимости проекта ведется учет времени работы каждого специалиста. Далее затраченное время умножается на его почасовую ставку. Полученные время и стоимость проекта учитывают, в том числе, и применяемую методологию управления проектом. Если выполнить моделирование осуществления проекта при применении нескольких альтернативных методологий управления проектом, то по данным критериям можно выбрать наиболее приемлемую.

Выводы

Предложена имитационная модель, которая моделирует работу команды, занятой осуществлением проекта в области создания программного обеспечения. Модель отражает вероятностные представления о возможных длительностях процессов, об их последовательностях, о появлении рисков событий. Она позволяет оценить время на создание продукта и стоимость проекта. Имитационная модель может быть использована для выбора наиболее приемлемой методологии управления проектом.

Список использованной литературы

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М. : Мир, 1984. – 264 с.
2. Mejía G., Niño K., Montoya C., Sánchez M.A., Palacios J., and Amodeo L., (2016), A Petri Net-based Framework for Realistic Project Management and Scheduling: An application in Animation and Videogames, [Text], *Computers & Operations Research*, Vol. 66, pp. 190 – 198. DOI: 10.1016/j.cor.2015.08.011.
3. Chen Y.L., Hsu P.Y., and Chang Y.B., (2008), A Petri net Approach to Support Resource Assignment in Project Management, [Text], *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Part A: Systems and Humans, Vol. 38, No. 3, pp. 564 – 574.
4. Lin C.P., and Dai H.L., (2014), Applying Petri Nets on Project Management, [Text], *Universal Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 2, No. 8, pp. 249 – 255. DOI: 10.13189/ujme.2014.020801.
5. Kumanan S., and Raja K., (2008), Modeling and Simulation of Projects with Petri Nets, [Text], *American Journal of Applied Sciences*, Vol. 5, No. 12, pp. 1742 – 1749.
6. Aloini D., Dulmin D.R., and Mininno V., (2012), Modeling and Assessing ERP Project Risks: A Petri Net approach, [Text], *European Journal of Operational Research*, Vol. 220, No. 2, pp. 484 – 495. DOI: 10.1016/j.ejor.2012.01.062.
7. Возный А. М. Имитационное моделирование ИТ проектов на основе сетей Петри [Текст] / А. М. Возный, К. В. Кошкин, Н. Р. Кнырик // Вісник НТУ «ХПІ». Сер. Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Харьков : – 2015. – № 1 (1110). – С. 24 – 28.
8. Biruk S., and Jaśkowski P., (2008), Simulation Modeling Construction Project with Repetitive tasks using Petri nets theory, [Text], *Journal of Business Economics and Management*, Vol. 9, No. 3, pp. 219 – 226.
9. Кононенко И. В. Применение метода синтеза методологии управления проектом при нечетких исходных данных [Текст] / И. В. Кононенко, А. Агаи, С. Ю. Луценко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Процессы управления. – Харьков : – 2016. – Том. 2. – № 3 (80). – С. 32 – 39. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.65671.
10. Кононенко И. В. Алгоритмы имитационного моделирования на основе аппарата сетей Петри [Текст] / И. В. Кононенко, Н. Л. Умерова // Вестник Харьковского политех. ин-та «Техническая кибернетика и ее приложения». – Харьков : – 1989. – № 263. – Вып. 9. – С. 56 – 58.

Получено 08.06.2016

References

1. Piterson Dzh., Teoriya setei Petri i modelirovanie sistem [Petri Nets Theory and The Modeling of Systems], (1984), Moscow, Russian Federation, *St.Unin. Publ.*, 264 p. (In Russian).
2. Mejía G., Niño K., Montoya C., Sánchez M.A., Palacios J., and Amodeo L., (2016), A Petri Net-based Framework for Realistic Project Management and Scheduling: An application in Animation and Videogames, [Text], *Computers*

& *Operations Research*, Vol. 66, pp. 190 – 198.
DOI: 10.1016/j.cor.2015.08.011 (In English).

3. Chen Y.L., Hsu P.Y., and Chang Y.B., (2008), A Petri net Approach to Support Resource Assignment in Project Management, [Text], *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Part A: Systems and Humans, Vol. 38, No. 3, pp. 564 – 574 and *Humans*, Vol. 38, No. 3, pp. 564 – 574 (In English).

4. Lin C.P., and Dai H.L., (2014), Applying Petri Nets on Project Management, [Text], *Universal Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 2, No. 8, pp. 249 – 255.

DOI: 10.13189/ujme.2014.020801 (In English).

5. Kumanan S., and Raja K., (2008), Modeling and Simulation of Projects with Petri Nets, [Text], *American Journal of Applied Sciences*, Vol. 5, No. 12, pp. 1742 – 1749 (In English).

6. Aloini D., Dulmin D.R., and Mininno V., (2012), Modeling and Assessing ERP Project Risks: A Petri Net approach, [Text], *European Journal of Operational Research*, Vol. 220, No. 2, pp. 484 – 495. DOI: 10.1016/j.ejor.2012.01.062 (In English).

7. Voznyi O.M., Koshkin K.V., and Knyrik N. R. Imitacionnoe modelirovanie IT-proektov na osnove setej Petri [Simulation Modeling of IT Projects based on Petri nets], (2015), *Visnyk NTU “HPI”*, Publ., Kharkov, Ukraine, Vol. 1, pp. 24 – 28 [In Russian].

8. Biruk S., and Jaśkowski P., (2008), Simulation Modeling Construction Project with Repetitive tasks using Petri nets theory, [Text], *Journal of Business Economics and Management*, Vol. 9, No. 3, pp. 219 – 226 (In English).

9. Kononenko I.V., Agai A., and Lucenko S.Ju. Primenenie metoda sinteza metodologii upravleniya proektom pri nechetkikh ishodnykh dannykh [Application of the Project Management Methodology Synthesis Method with Fuzzy input data], (2016), *Vostochno-Evropeiskii Zhurnal Peredovykh Tekhnologii. Protsessy upravleniya*. Publ., Kharkov, Ukraine, Vol. 2, No. 3(80), pp. 32 – 39. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.65671 (In Russian).

10. Kononenko I.V., and Umerova N.L. Algoritmy imitatsionnogo modelirovaniya na osnove apparata setei Petri [Algorithms of Imitating Modelling on the basis of Petri nets Apparatus], (1989), *Vestn. Khar'k. Politekhn. In-ta “Tekhnicheskaya Kibernetika i ee Prilozheni-*

ya”, Kharkov, Ukraine, No. 263, Vol. 9, pp. 56 – 58 (In Russian).



Кононенко

Игорь
Владимирович,
д-р техн. наук, проф., зав.
каф. Стратегического
управления НТУ «ХПИ».
Тел: (057) 707–67–35.
E-mail:
igorvkononenko@gmail.com.



Агаи

Ахмад, аспирант
каф. Стратегического
управления НТУ «ХПИ».
Тел: (093) 875–36–43.
E-mail:
ahmadaghace@yahoo.com.