

Имитационное моделирование применения альтернативных методологий для управления проектом в области IT

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Рассматривается задача имитационного моделирования осуществления проекта, для управления которым применяется конкретная методология. Предполагается, что методология для управления проектом получена с помощью метода синтеза, предложенного в предыдущих работах. Рассматривается проект по созданию компьютерной программы. Для управления ним синтезировано два альтернативных варианта методологий. Предложены алгоритмы имитационного моделирования процессов создания продукта и процессов управления проектом. Приведены результаты моделирования, получены оценки времени, стоимости проекта, разброса этих параметров. Сделан выбор одной из рассматриваемых методологий.

Ключевые слова: имитационное моделирование, управление проектом, методология, синтез, время, стоимость, выбор

Введение

В последние годы в сфере управления проектами получили распространение десятки методологий, стандартов, руководств. Выбор методологии для управления конкретным проектом, особенно дорогим, ответственным или очень рискованным является непростой задачей. От ее решения зависят стоимость проекта, его продолжительность, качество продукта, успех проекта. В предыдущих работах авторов был предложен метод синтеза методологии для условий конкретного проекта с применением обобщенного свода знаний по управлению проектами [1,2]. В результате его применения формируются альтернативные варианты методологий. Для того чтобы сделать выбор в пользу одного из них, в данной работе предлагается осуществить имитационное моделирование проекта и оценить среднее время, стоимость проекта, разброс этих параметров, характеризующий важные риски проекта.

1. Анализ литературы и постановка задачи исследования

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. В работе [3] предложена имитационная модель IT проекта, которая объединяет модель продукта и модель работ проекта. В работе [4] представлен вычислительный метод на основе имитационного моделирования с применением сети Петри для планирования проекта строительства и анализа соглашения с субподрядчиком.

В работе [5] описывается имитационная модель, позволяющая рассчитывать проектно-производственный план предприятия, а также варианты загрузки его ресурсов.

В работе [6] предложена имитационная модель, предназначенная для оценивания эффекта от применения методологии управления проектом и затем выбора лучшей среди рассматриваемых. При этом моделируются как процессы создания продукта проекта, так и процессы управления. Модель основана на приме-

нении расширения аппарата простых сетей Петри. Она моделирует выполнение проекта в области создания программного обеспечения.

В результате анализа литературы пришли к выводу, что актуальным является решение задачи выбора методологии управления проектом путем создания и применения имитационной модели осуществления проекта, которая бы моделировала процессы создания продукта и управления проектом.

2. Цель и задачи исследования

Целью данной работы является выбор методологии управления конкретным проектом с помощью имитационного моделирования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- предложить алгоритмы имитационного моделирования процессов создания продукта и процессов управления проектом в области разработки компьютерной программы,
- промоделировать выполнение проекта с применением двух альтернативных методологий;
- оценить время, стоимость выполнения проекта, среднее квадратическое отклонение этих параметров,
- произвести выбор лучшей методологии.

3. Применение имитационного моделирования для выбора методологии управления проектом в области IT

Рассматривается проект по созданию компьютерной программы, которая позволяет оптимизировать содержание проекта по пяти критериям: прибыль, время, стоимость, качество, риски [7]. Программа получила название «PTCQR Project Scope Optimization». Процессы создания программного продукта выбраны в соответствии со стандартом [8]. В результате применения метода синтеза [2] было сформировано два альтернативных варианта методологий управления этим проектом. В процессе синтеза был использован обобщенный свод знаний по управлению проектами [9,10].

Первый вариант методологии управления опирается на предиктивный жизненный цикл проекта. В этом случае команда проекта состоит из менеджера проекта, двух программистов и одного тестировщика. Часовые заработные платы членов команды составили: менеджер проекта – 180 грн./час, программист – 120 грн./час, тестировщик – 70 грн./час. Процессы создания программного продукта и управления этим проектом представлены в таблице 1. Условные обозначения в этой таблице: исполнители 1 и 2 – программисты, исполнитель 3 – тестировщик, исполнитель 4 – менеджер проекта, Id процесса – уникальный номер процесса, исполнитель – номер исполнителя, Вож – ожидаемое время, час, σ – среднее квадратическое отклонение для ожидаемого времени, условия начала – условия начала выполнения процесса, т.е. номера предыдущих процессов, которые должны быть завершены к моменту начала рассматриваемого, Pd – вероятность доработки процесса в диапазоне [0,1]. Время на доработку составляет 30% от Вож. Фактическое время выполнения процесса получено с помощью генератора случайных величин, распределенных по нормальному закону.

Процессы управления представляют собой комбинацию из процессов методологии Prince2, ISO 21500 и процессов, предложенных экспертами.

Таблица 1

Процессы создания программного продукта и управления этим проектом в соответствии с предиктивным жизненным циклом

Id процесса	Название процесса	Исполнитель	Вож (час)	σ	Условие начала	Pd
1	Выбор проектного подхода и сборка проектного брифа (Prince2)	1,2,3,4	4.67	0.467	0	0.1
2	Разработка устава проекта (ISO 21500)	1,2,3,4	10.33	1.033	1	0.1
3	Интеграция планов проекта	1,2,3,4	6.33	0.633	2	0.2
4	Анализ методологий	1	7.5	0.75	3	0.3
5	Анализ моделей и методов	2	15	1.5	4	0.3
6	Разработка ТЗ	1	15	1.5	5	0.3
7	Утверждение планирования	1	1	0.1	6	0.015
8	Разработка дизайна	2	15	1.5	7	0.3
9	Концептуальное проектирование	1	15	1.5	7	0.15
10	Архитектурное проектирование	2	15	1.5	9	0.15
11	Кодирование модуля взаимодействия с пользователем	1	22.5	2.25	10	0.3
12	Тестирование модуля взаимодействия с пользователем	3	3.75	0.375	11	0.15
13	Кодирование модуля ввода входных данных	2	22.5	2.25	10	0.3
14	Тестирование модуля ввода входных данных	3	3.75	0.375	13	0.15
15	Кодирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию стоимость	1	22.5	2.25	11	0.3
16	Тестирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию стоимость	3	3.75	0.375	15	0.15
17	Кодирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию время	2	22.5	2.25	13	0.3
18	Тестирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию время	3	3.75	0.375	17	0.15
19	Кодирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию прибыль	1	22.5	2.25	15	0.3
20	Тестирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию прибыль	3	3.75	0.375	19	0.15
21	Кодирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию качество	2	22.5	2.25	17	0.3
22	Тестирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию качество	3	3.75	0.375	21	0.15
23	Кодирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию риски	1	22.5	2.25	19	0.3
24	Тестирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию риски	3	3.75	0.375	23	0.15
25	Кодирование модуля решения многокритериальной задачи оптимизации проекта	2	22.5	2.25	21	0.3
26	Тестирование модуля решения многокритериальной задачи оптимизации проекта	3	3.75	0.375	25	0.15
27	Кодирование модуля вывода результатов	1	15	1.5	23	0.3
28	Тестирование модуля вывода результатов	3	3.75	0.375	27	0.15
29	Интеграционное тестирование	3	15	1.5	28	0.3
30	Системное тестирование	3	15	1.5	29	0.3
31	Руководство работы по проекту (ISO 21500).	4	25	2.5	3	0.2
32	Учет выполнения всей совокупности планов	4	12	1.2	31	0.2
33	Контроль выполнения всей совокупности планов	4	12	1.2	32	0.2
34	Анализ выполнения всей совокупности планов	1,2,3,4	12	1.2	33	0.2
35	Принятие решений о выполнении всей совокупности планов	1,2,3,4	6.33	0.633	34	0.2
36	Разработка пользовательских и эксплуатационных документов	1,2,3	22.5	2.25	35	0.45
37	Внедрение. Обучение	1,2	22.5	2.25	36	0.45
38	Закрытие проекта	1,2,3	1	0.1	37	0.03
39	Завершение фазы проекта или проекта (ISO 21500).	1,2,3,4	6.67	0.667	38	0.1

Второй вариант методологии основан на применении адаптивного жизненного цикла. Этот вариант в основном опирается на правила, организационную структуру, роли, события, артефакты, процессы методологии Scrum. Наряду с процессами Scrum в данном варианте методологии применяется процесс из методологии Канбан, а именно учет выполнения задач на карточках. Команда проекта состоит из двух программистов и тестировщика. Один из программистов также выполняет функции Scrum мастера. Часовые заработные платы членов команды составляют: Scrum мастер – программист - 180 грн./час, программист - 120 грн./час, тестировщик - 70 грн./час. В состав команды входит также владелец продукта (представитель заказчика). В таблицах 2 и 3 представлены процессы, которые выполняются командой проекта. Условные обозначения в этих таблицах: исполнитель 1 – Scrum мастер-программист, исполнитель 2 – программист, исполнитель 3 – тестировщик. Остальные обозначения в таблицах 2 и 3 аналогичны обозначениям в таблице 1. В данном случае после определения Product Backlog все остальные процессы управления повторяются в каждом Спринте. Поэтому процессы управления проектом и создания программного продукта были разделены на две таблицы. Схема процессов управления проектом в соответствии с адаптивным жизненным циклом показана на рис. 1.

Таблица 2

Процессы управления проектом в соответствии с адаптивным жизненным циклом

№	Название процесса	Исполнитель	Время (час)	σ	Условие начала	Pd
1	Определение Беклог Продукта	1,2,3	7	0	0	0
2	Планирование Спринта	1,2,3	5	0	1	0
3	Ежедневная Scrum встреча	1,2,3	0.25	0	2	0
4	Учет по карточкам Канбан	1,2,3	0.25	0	3	0
5	Обзор Спринта	1,2,3	4	0	4	0
6	Ретроспектива Спринта	1,2,3	3	0	5	0

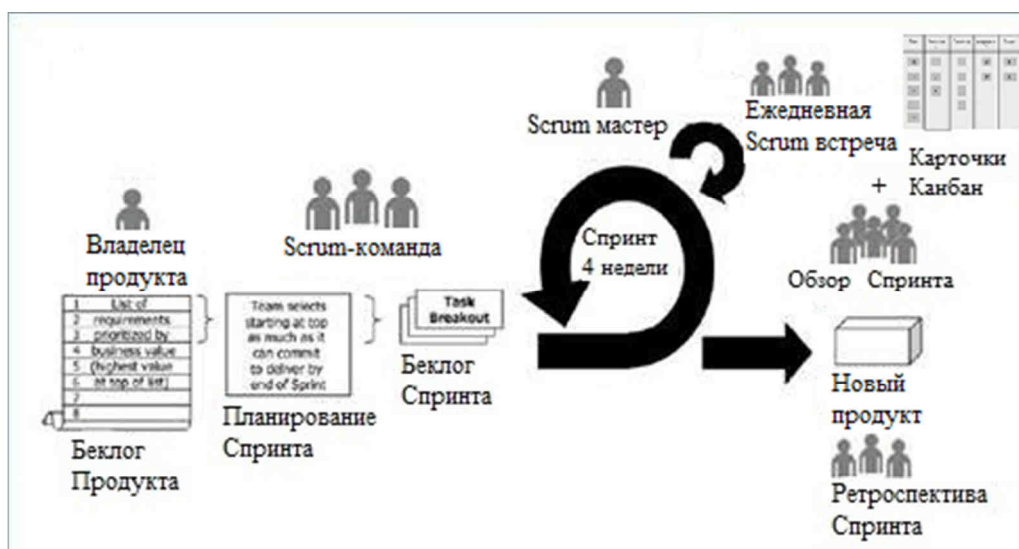


Рис. 1. Схема процессов управления проектом в соответствии с адаптивным жизненным циклом

Таблица 3

Процессы создания программного продукта

Id процесса	Название процесса	Исполнитель	Вож (час)	σ	Условие начала	Pd
1	Анализ методологий	1	7.5	0.75	0	0.2
2	Анализ моделей и методов	2	15	1.5	1	0.2
3	Разработка ТЗ	1	15	1.5	2	0.2
4	Утверждение планирования	1	1	0.1	3	0.01
5	Разработка дизайна	2	15	1.5	4	0.2
6	Концептуальное проектирование	1	15	1.5	4	0.1
7	Архитектурное проектирование	2	15	1.5	6	0.1
8	Кодирование модуля взаимодействия с пользователем	1	22.5	2.25	7	0.2
9	Тестирование модуля взаимодействия с пользователем	3	3.75	0.375	8	0.1
10	Кодирование модуля ввода входных данных	2	22.5	2.25	7	0.2
11	Тестирование модуля ввода входных данных	3	3.75	0.375	10	0.1
12	Кодирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию стоимость	1	22.5	2.25	8	0.2
13	Тестирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию стоимость	3	3.75	0.375	12	0.1
14	Кодирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию время	2	22.5	2.25	10	0.2
15	Тестирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию время	3	3.75	0.375	14	0.1
16	Кодирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию прибыль	1	22.5	2.25	12	0.2
17	Тестирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию прибыль	3	3.75	0.375	16	0.1
18	Кодирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию качество	2	22.5	2.25	14	0.2
19	Тестирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию качество	3	3.75	0.375	18	0.1
20	Кодирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию риски	1	22.5	2.25	16	0.2
21	Тестирование модуля решения однокритериальной задачи оптимизации проекта по критерию риски	3	3.75	0.375	20	0.1
22	Кодирование модуля решения многокритериальной задачи оптимизации проекта	2	22.5	2.25	18	0.2
23	Тестирование модуля решения многокритериальной задачи оптимизации проекта	3	3.75	0.375	22	0.1
24	Кодирование модуля вывода результатов	1	15	1.5	20	0.2
25	Тестирование модуля вывода результатов	3	3.75	0.375	24	0.1
26	Интеграционное тестирование	3	15	1.5	25	0.2
27	Системное тестирование	3	15	1.5	26	0.2
28	Разработка пользовательских и эксплуатационных документов	1,2,3	22.5	2.25	27	0.3
29	Внедрение. Обучение	1,2	22.5	2.25	28	0.3
30	Закрытие проекта	1,2,3	1	0.1	29	0.02

Осуществление проекта моделировалось с помощью алгоритмов имитационного моделирования. Блок-схема алгоритма имитационного моделирования, соответствующего предиктивному жизненному циклу, показана на рис. 2, а блок-схема алгоритма имитационного моделирования, соответствующего адаптивному жизненному циклу, показана на рис. 3.

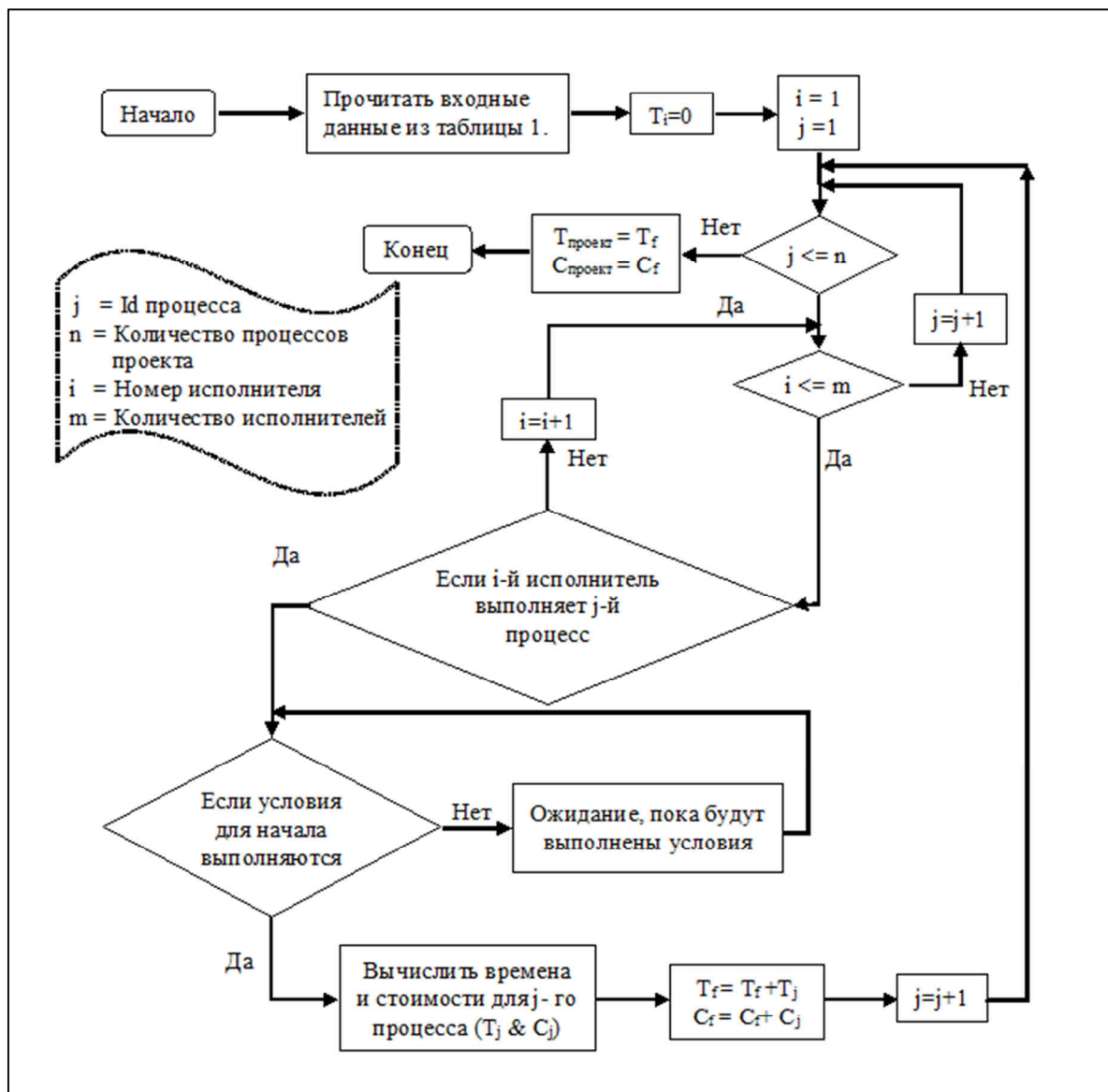


Рис. 2. Блок-схема алгоритма имитационного моделирования в соответствии с предиктивным жизненным циклом

4. Анализ результатов применения имитационного моделирования для выбора методологии управления проектом в области ИТ

В результате моделирования осуществления проекта в соответствии с предиктивным и адаптивным жизненными циклами были получены оценки времени и стоимости проекта. Всего выполнялось по 100000 имитационных экспериментов с каждой моделью. По результатам моделирования вычислены средние времена проекта, максимальные (T_{\max}), минимальные времена (T_{\min}) и оценки среднеквадратического отклонения для времен (s). На рис. 4 показана гистограмма распределения времени осуществления проекта при использовании предиктивного жизненного цикла. На рис. 5 представлена гистограмма распределения времени выполнения проекта, которым управляли в соответствии с адаптивным жизненным циклом. Аналогично по результатам 100000 экспериментов вычислены средние

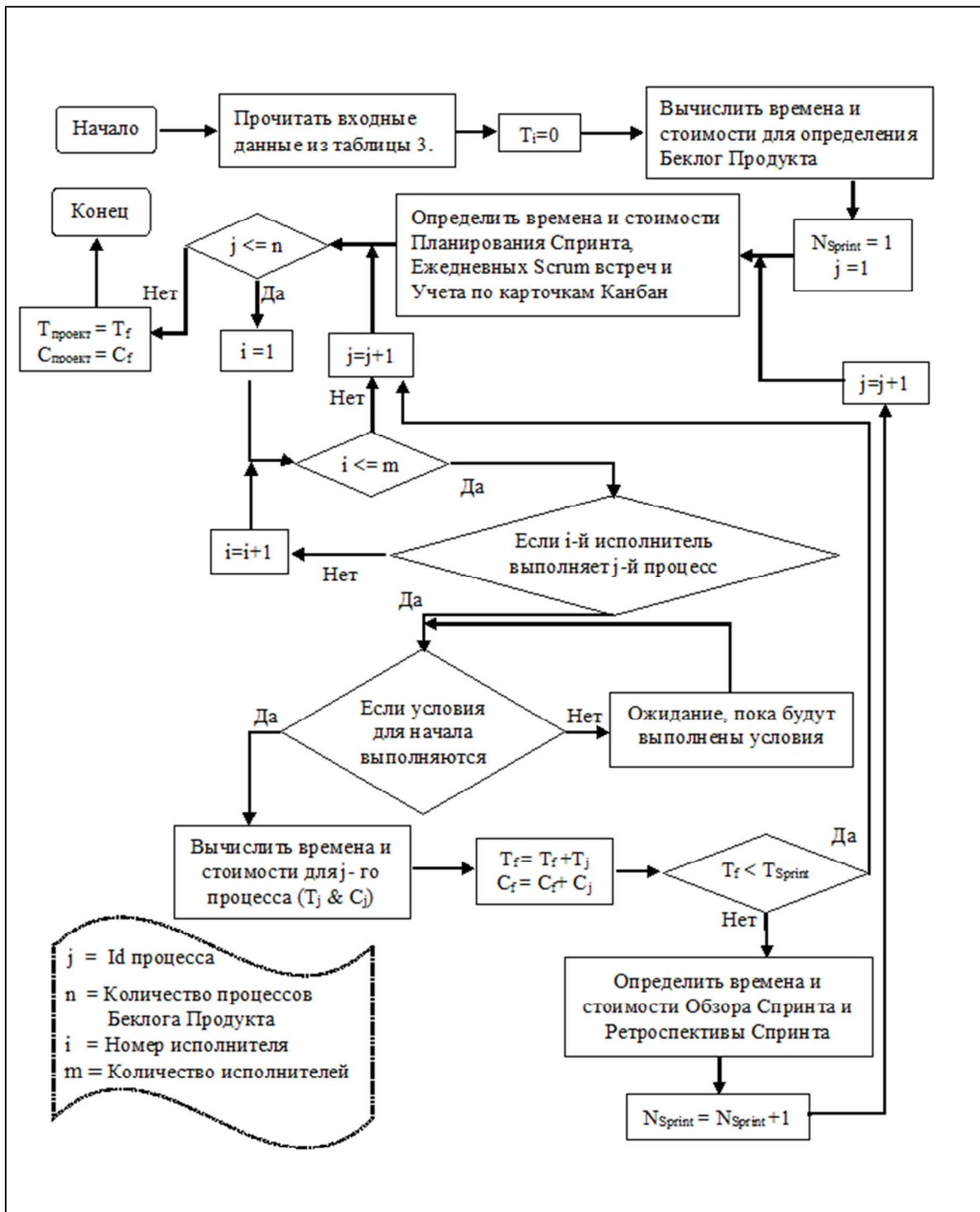


Рис. 3. Блок-схема алгоритма имитационного моделирования в соответствии с адаптивным жизненным циклом

стоимости проекта, максимальные (C_{max}), минимальные стоимости (C_{min}) и оценки среднеквадратического отклонения для стоимости (s). На рис. 6 и 7 показаны гистограммы распределения стоимости проекта, которым управляли в соответствии с предиктивным и адаптивным жизненными циклами, соответственно. Там же приведены оценки перечисленных параметров.

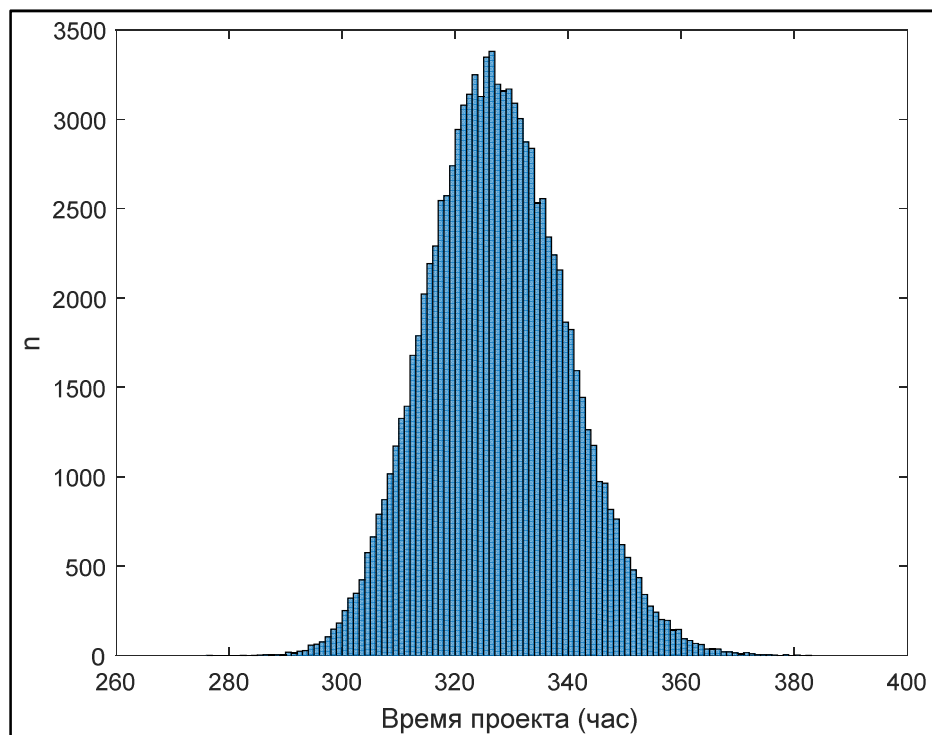


Рис. 4. Гистограмма распределения времени осуществления проекта при использовании предиктивного жизненного цикла. Среднее время – 327.4 час., T_{\max} -382 час., T_{\min} -277 час., s_T =12.1 час.

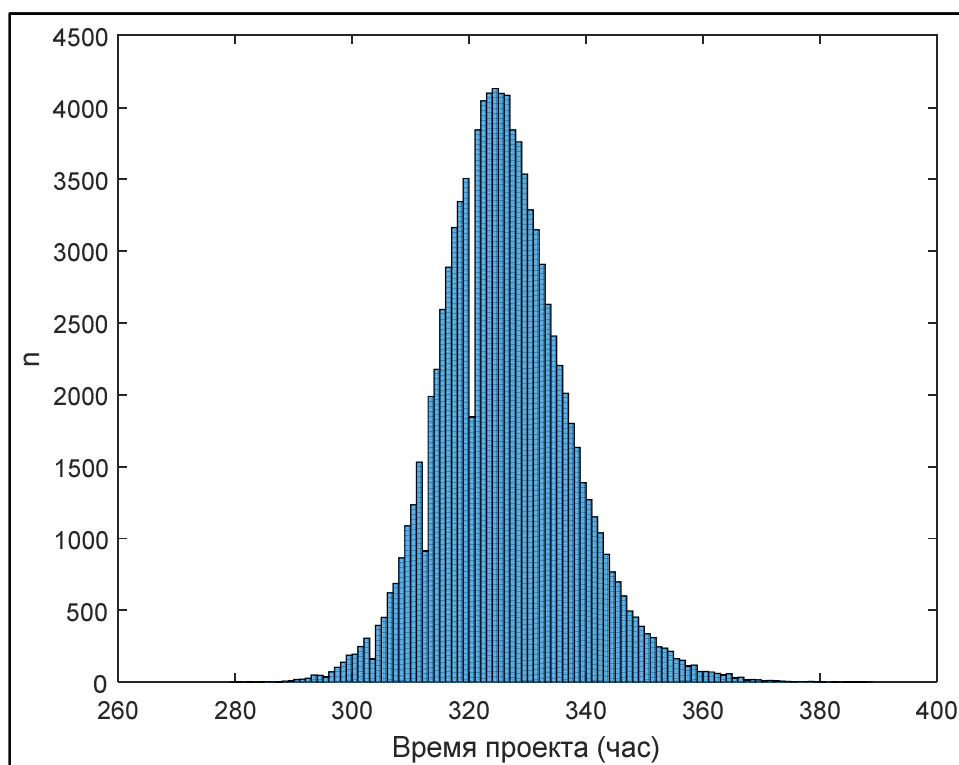


Рис. 5. Гистограмма распределения времени осуществления проекта при использовании адаптивного жизненного цикла. Среднее время – 326.2 час., T_{\max} -388 час., T_{\min} -280 час., s_T =10.9 час.

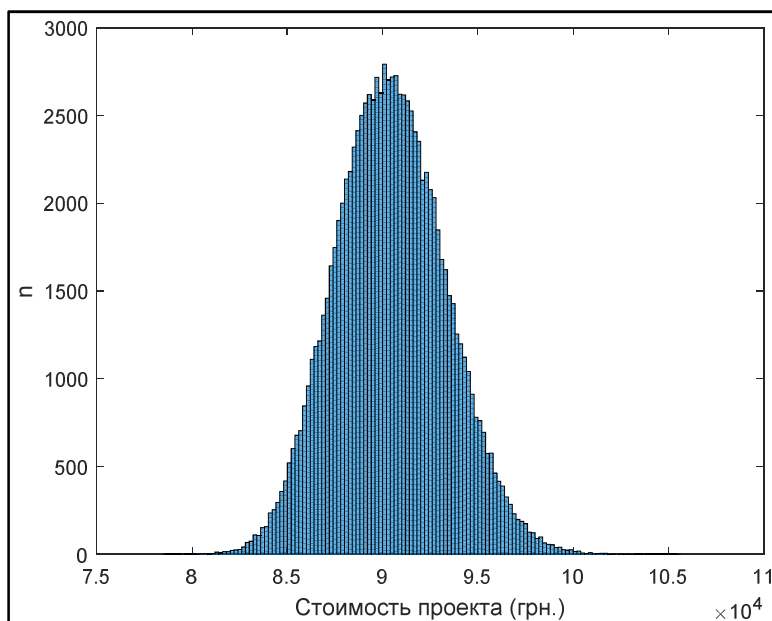


Рис. 6. Гистограмма распределения стоимости осуществления проекта при использовании предиктивного жизненного цикла. Средняя стоимость - 90435 грн., C_{\max} - 105530 грн., C_{\min} - 78533 грн., s_C - 2890 грн.

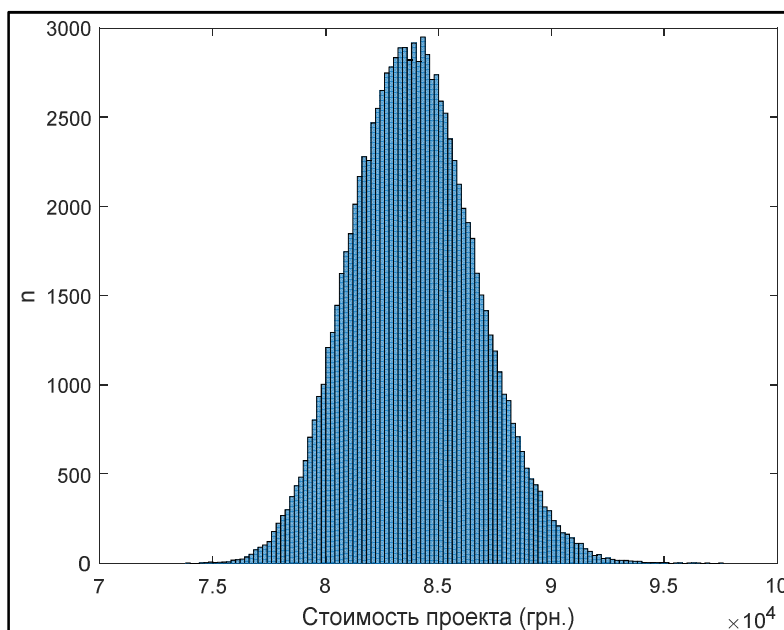


Рис. 7. Гистограмма распределения стоимости осуществления проекта при использовании адаптивного жизненного цикла. Средняя стоимость - 83915 грн., C_{\max} - 97516 грн., C_{\min} - 73848 грн., s_C - 2706 грн.

Произведем сравнение полученных выборочных средних для времен выполнения проекта и стоимостей проекта.

Проверим гипотезу равенства $H_0: \mu_1 = \mu_2$ при неизвестных и неравных дисперсиях $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$. Данную задачу называют проблемой Беренса-Фишера. Для ее решения воспользуемся t-критерием Стьюдента, значение которого при равных объемах выборок $n_1 = n_2$ вычисляется по формуле [11]:

$$t = \frac{|\overline{X}_1 - \overline{X}_2|}{\sqrt{\frac{s_1^2 + s_2^2}{n}}}, \quad (1)$$

где $\overline{X}_1, \overline{X}_2$ - средние арифметические значения для каждой выборки, которые рассчитываются по формуле:

$$\overline{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2)$$

где x_i - значение i -го результата наблюдения. Оценки среднеквадратических отклонений s_1, s_2 рассчитываются по формуле:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \overline{X})^2}{n}}, \quad (3)$$

где n - объем выборки.

Количество степеней свободы в данном случае будет равно [11]

$$v = n - 1 + \frac{2n - 2}{\frac{s_1^2}{s_2^2} + \frac{s_2^2}{s_1^2}}. \quad (4)$$

Определяем по таблице [11] критическое значение t_{kp} для соответствующего уровня значимости $\alpha = 0.001$ и данного числа степеней свободы v .

Если $t > t_{kp}$, то различия между средними значениями в двух выборках считаются достоверными при вероятности ошибки 0.001. В случае, когда $t < t_{kp}$, гипотеза H_0 считается не противоречащей выборочным данным и разница между средними значениями в двух выборках имеет случайный характер.

В таблице 4 приведены результаты сравнения средних времен выполнения проекта по двум методологиям.

Таблица 4

Результаты сравнения средних времен выполнения проекта по двум методологиям

Методология	n - объем выборки	\overline{X}	s	t	v	t_{kp} при $p = 99.9\%$
Первый вариант (предиктивный жизненный цикл)	100000	327	12.1	19.42	99998	3.29
Второй вариант (адаптивный жизненный цикл)	100000	326	10.9			

В результате получили, что $t > t_{kp}$. Поэтому гипотеза отклоняется.

В таблице 5 приведены результаты сравнения средних стоимостей выполнения проекта по двум методологиям.

Таблица 5

Результаты сравнения средних стоимостей проекта по двум методологиям

Методология	n -объем выборки	\bar{X}	s	t	ν	t_{kp} при $p = 99.9\%$
Первый вариант (предиктивный жизненный цикл)	100000	90435	2890	520.8	99998	3.29
Второй вариант (адаптивный жизненный цикл)	100000	83915	2706			

В итоге получили, что $t > t_{kp}$. Поэтому гипотеза отклоняется.

Выводы

В результате моделирования можно заключить, что применение методологии управления, основанной на адаптивном жизненном цикле и предполагающей использование процессов методологии Scrum в сочетании с процессом из методологии Канбан, позволяет незначительно сократить время проекта по сравнению с применением методологии, основанной на предиктивном жизненном цикле. Аналогичный вывод можно сделать и относительно оценок среднеквадратических отклонений времени.

Стоимости проектов при использовании двух разных методологий управления существенно отличаются. Средняя стоимость проекта при применении методологии Scrum в сочетании с процессом из методологии Канбан на 6520 грн. меньше, чем при использовании методологии, основанной на комбинации процессов методологий Prince2, ISO 21500 и процессов, предложенных экспертами. Это отличие составляет 7,77% от средней стоимости методологии, основанной на адаптивном жизненном цикле. Оценка среднеквадратического отклонения стоимости при применении методологии Scrum в сочетании с процессом из методологии Канбан на 184 грн. меньше, или на 6,8% по сравнению с применением методологии, основанной на адаптивном жизненном цикле. Приведенные результаты позволяют рекомендовать для управления проектом по созданию компьютерной программы «PTCQR Project Scope Optimization» применение методологии Scrum в сочетании с процессом из методологии Канбан.

Список литературы

1. Kononenko, I. V. Model and method for synthesis of project management methodology with fuzzy input data [Text] / I. V. Kononenko, A. Aghaee // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – 2016. – № 1 (1173). – С. 9–13.

2. 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. – 2016. – Vol. 2, № 3 (80). – С. 32–39. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.65671.

3. Возный, А. М. Имитационное моделирование ИТ проектов на основе сетей Петри [Текст] / А. М. Возный, К. В. Кошкин, Н. Р. Кнырик // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – 2015. – № 1 (1110). – С. 24–28.

4. Biruk, S. Simulation modelling construction project with repetitive tasks using Petri nets theory. [Text] / S. Biruk, P. Jaśkowski // Journal of Business Economics and Management. – 2008. – Vol. 9, № 3. – P. 219-226.

5. Егорченкова Н. Ю. Имитационное моделирование в проектной деятельности предприятия [Текст] / Н. Ю. Егорченкова // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 26. – С. 67-73.

6. Кононенко И.В. Имитационная модель осуществления проекта [Текст] / И.В. Кононенко, А. Агаи // Электротехнические и компьютерные системы, 2016. – № 23(99). – С. 162–167.

7. Кононенко, И.В. Модель и метод многокритериальной оптимизации содержания проекта при нечетких исходных данных [Текст] / И.В. Кононенко, М.Э. Колесник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – №1/10 (61). – С. 9-13.

8. ISO/IEC 12207:2008 Systems and software engineering – Software life cycle processes. 2nd edition [Text]. – ISO/IEC, 2008. – 122 p.

9. Кононенко И.В. Обобщенный свод знаний по управлению проектами [Текст] / И.В. Кононенко, А. Агаи // XIII международная научно-практическая конференция «Управление проектами в развитии общества», 2016. – С. 127-129.

10. Кононенко И.В. Процессы обобщенного свода знаний по управлению проектами [Текст] / И.В. Кононенко, А. Агаи // Радиоэлектронные и компьютерные системы, 2016. – № 2. – С. 80-94.

11. Закс Л. Статистическое оценивание [Текст] / Л. Закс // М.: Статистика, 1976. – 598 с.

Поступила в редакцию 20.09.2016

Імітаційне моделювання застосування альтернативних методологій для управління проектом в області ІТ

Розглядається задача імітаційного моделювання здійснення проекту, для управління яким застосовується конкретна методологія. Передбачається, що методологія для управління проектом отримана за допомогою методу синтезу, який запропоновано у попередніх роботах. Розглядається проект зі створення комп'ютерної програми. Для управління ним синтезовано два альтернативних варіанти методологій. Запропоновано алгоритми імітаційного моделювання процесів створення продукту і процесів управління проектом. Наведено результати моделюван-

ня, отримані оцінки часу, вартості проекту, розкиду цих параметрів. Зроблено вибір однієї з розглянутих методологій.

Ключові слова: імітаційне моделювання, управління проектом, методологія, синтез, час, вартість, вибір.

Simulation of Alternative Methodologies Application for Project Management in the Field of IT

The problem of the project implementation simulation is considered. A specific methodology is applied for its management. It is assumed that the methodology for project management is obtained by means of synthesis method, which is proposed in previous works. The project on creation of the computer program is considered. For managing it, two alternative methodologies are synthesized. Algorithms of simulation modeling for product creation processes and project management processes are offered. The results of simulations, obtained estimates of time, costs of the project, and the scatter of these parameters are presented. The selecting one of the considered methodologies is made.

Keywords: simulation modeling, project management, methodology, synthesis, time, cost, selection

Сведения об авторах:

Кононенко Игорь Владимирович – д-р техн. наук, проф., зав. каф. стратегического управления, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина.

Агаи Ахмад – аспирант каф. стратегического управления, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина.