

10. Carvalho, N. A generic framework for replicated software transactional memories [Text] / N. Carvalho, P. Romano // 2011 IEEE 10th International Symposium on Network Computing and Applications, 2011. – P. 271–274. doi: 10.1109/nca.2011.45
11. Saad, M. HyFlow: a high performance distributed software transactional memory framework [Text] / M. Saad, B. Ravindran // Proceedings of the 20th international symposium on High performance distributed computing - HPDC '11, 2011. – P. 265–266. doi: 10.1145/1996130.1996167
12. Zhang, H. In-memory big data management and processing: A survey [Text] / H. Zhang, G. Chen, B. C. Ooi, K. L. Tan, M. Zhang // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2015. – Vol. 27, Issue 7. – P. 1920–1948. doi: 10.1109/tkde.2015.2427795
13. Fernandes, S. Strongly Consistent Transactions for Enterprise Applications. Using Software Transactional Memory to Improve Consistency and Performance of Read-Dominated Workloads [Text] PhD dissertation / S. Fernandes. – Lisbon, 2014 – 208 p.

Отримано формальний, математичний опис узагальненого процесу управління конфігурацією безвідносно до об'єкта його застосування для сфери управління проектами. Була введена класифікація дій цього процесу, формально описаний склад його варіантів реалізації, виділені його керуючі параметри. Також була введена класифікація змін контрольованого об'єкта

Ключові слова: конфігурація, управління конфігурацією, проект, управління проектами, процес, оптимізація, зміна, формалізація

Получено формальное, математическое описание обобщенного процесса управления конфигурацией безотносительно к объекту его приложения для сферы управления проектами. Была введена классификация действий этого процесса, формально описан состав его вариантов реализации, выделены его управляющие параметры. Также была введена классификация изменений контролируемого объекта

Ключевые слова: конфигурация, управление конфигурацией, проект, управление проектами, процесс, оптимизация, изменение, формализация

УДК 658.511

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.47292

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБОБЩЕННОГО ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЕЙ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ

С. И. Рудницкий

Аспирант

Кафедра бизнес-администрирования
и управления проектамиУниверситет экономики и права «КРОК»
ул. Лагерная, 30-32, г. Киев, Украина, 03113

E-mail: sergey.rudnitskiy@gmail.com

1. Введение

Высокая изменчивость окружения современных проектов, а также их сложность и междисциплинарность поднимают проблему эффективной поддержки согласованности таких проектов. В сфере управления проектами (УП) эту задачу решают в рамках процесса общего управления конфигурацией (УК). При этом под согласованностью понимают такое состояние проекта, когда он, как создающая продукт система, имеет те и только те элементы, которые способствуют созданию продукта проекта. Эффективная поддержка согласованности проекта означает, прежде всего, возможность оптимизации процесса общего УК, который условно можно представить в виде двух взаимосвязанных и неразрывных частей: процесса УК проекта и процесса УК продукта [1–3]. Поэтому оптимизация процесса УК проекта затрагивает и процесс УК продукта. Можно утверждать, что процесс

УК направленный на продукт исследован и описан достаточно глубоко для его эффективного осуществления, а процесс УК проекта исследован только на концептуальном уровне, что не дает возможности его эффективной реализации. Общность процессов УК этих двух объектов позволила составить концептуальную модель обобщенного процесса УК безотносительно к объекту его приложения [4]. Наличие такой модели позволяет описывать оба эти процесса на основе единой концептуальной базы. Следующим этапом в оптимизации процесса общего УК является формальное математическое описание обобщенного процесса УК объекта.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Первым шагом такой формализации является математическая модель абстрактного объекта управле-

ния, представленная в работе [5]. В ней автор выявил и формально описал все свойства указанного объекта, важные с точки зрения процесса управления его конфигурацией, безотносительно к природе и виду самого объекта. Указанная модель объекта позволяет приступить к математическому описанию непосредственно процесса УК.

Анализ материалов в сфере УК показал, что исследования, в основном, касались процессов УК конкретных видов продукта проекта, а не самого проекта и его элементов материальной и нематериальной природы. Так, например, стандарт [6] описывает процессы УК направленные на материальные и программные продукты. То же относится к стандарту [7]. В работе [8] представлена модель процесса УК направленная на конкретный продукт проекта, а именно на систему пожаротушения в сельском административном районе. Другие аналогичные модели, направленные на конкретные продукты, представлены в следующих работах: [9] – система централизованной заготовки молока, [10] – сервисные и обслуживающие системы, [11] – учет расхода ядерного топлива. В работе [12] автор частично затрагивает элементы проекта разработки ПО, однако, в основном, работа направлена на продукт проекта. Стандарт [13] частично и неявно охватывает вопросы УК элементов проекта разработки ПО. В работе [14] исследуется проблема планирования процесса УК в рамках целой программы. И только в стандарте [3] указано явное разделение направленности процесса УК на продукт и проект, а также предлагается концептуальная модель этого процесса. Из этого видно, что процессы УК нематериальных объектов, к которым относятся также элементы проекта, исследованы не достаточно глубоко для эффективной реализации этих процессов. Таким образом, приведенный анализ показывает, что проблема заключается в *отсутствии математического формализованного описания обобщенного процесса УК безотносительно к объекту его приложения*.

3. Цель и задачи исследования

Цель исследования – формализовать обобщенный процесс УК для постановки математической задачи его оптимизации по стоимости реализации этого процесса и ущербу от рассогласования контролируемого объекта. Полученная модель должна позволять оптимизировать процессы УК любых объектов, согласованность которых важна для успешного завершения проекта. К таким объектам могут относиться, например: команда проекта, процессы управления проектом, необходимые знания, продукт проекта и т. п.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- формализовать описание отдельного действия процесса УК;
- ввести классификацию действий;
- представить процесс УК как совокупность взаимосвязанных действий;
- ввести классификацию изменений объектов в течении жизненного цикла (ЖЦ) проекта.

4. Формализация обобщенного процесса УК

Напомним [4], в рамках этого исследования, процесс УК рассматривается как совокупность взаимосвязанных действий, направленных на поддержку согласованности контролируемого объекта. В [4] была сформулирована общая задача оптимизации процесса УК на основании таких показателей эффективности, как стоимость реализации этого процесса и ущерб от рассогласования контролируемого объекта, где в зависимости от условий реализации, может минимизироваться как стоимость, так и ущерб. Принимая во внимание цель работы, разработку математической модели процесса УК будем вести относительно указанной задачи оптимизации.

4. 1. Континуум действий по УК

Взгляд на процесс УК, как на совокупность действий, подразумевает наличие некоторого множества, из которого производится выбор действий, подлежащих осуществлению в заданных условиях. Возникает вопрос: какие действия составляют это множество? Практика показывает, что это множество включает все действия, которые *теоретически* осуществимы в заданных условиях. Оно формируется путем рассмотрения действий, указанных в стандартах по УК и других активах организационного процесса [1, 3, 15, 16–19]. Назовем это множество *континуумом действий по УК*, обозначим символом A и определим как: теоретически осуществимое в заданных условиях множество действий по УК конкретного объекта. Очевидно, что континуум конечен и счѐтен. Будем обозначать отдельное действие как a_i , где $i \in \mathbb{N}$ – идентификатор действия. Заметьте, что схема идентификации действий такая же, как и схема идентификации объектов [5]. Наличие зависимости между континуумом и контекстом реализации процесса УК приводит к тому, что при изменении контекста реализации, континуум также может измениться. Проблема формирования континуума A требует отдельного исследования. Поэтому для достижения поставленных целей текущего исследования будем считать континуум A заданным.

4. 2. Действие по УК

Практика показывает, что в зависимости от условий реализации, процесс УК может состоять из различного количества действий с различной структурой каждого из них. Поэтому с позиции адекватности разрабатываемой модели нужно представить отдельное действие так, чтобы иметь возможность описывать процесс УК конкретного объекта из любых необходимых действий в заданных условиях. Для этого следует абстрагироваться от содержания действия, включив в его описание только те свойства, которые существенны с точки зрения оптимизации рассматриваемого процесса. На этом этапе исследования к таким свойствам относятся *декомпозируемость* и *зависимость* действий.

Декомпозируемость нужна для повышения точности результатов моделирования за счет детализации того или иного действия. Декомпозируемость действий аналогична иерархическому представлению объекта [5].

Зависимость будем понимать, в том смысле, что результат одного действия используется для получения результата другого. Включение в модель аспекта зависимости необходимо для указания условных значений свойств зависимых действий. Например, пусть действие a_1 зависит от действия a_2 в указанном смысле. Пусть c стоимость выполнения действия a_1 в случае выполнения действия a_2 . Пусть c^* стоимость выполнения действия a_1 в случае не выполнения действия a_2 . Практика показывает, что в большинстве случаев $c < c^*$, потому что c^* включает также стоимость выполнения той части действия a_2 , которая необходима для выполнения действия a_1 .

Анализ семантики и структуры действий по УК, а также их взаимосвязей, показывает, что любое зависимое действие можно выполнить, не выполняя никакое другое, от которого оно зависит. В самом деле, рассмотрим, например, действия по аудиту конфигурации объекта, которые зависят, среди прочего, от действий по идентификации конфигурации объекта. Результатом идентификации конфигурации является фиксация конфигурации объекта в документации. Очевидно, что наличие такой информации повышает эффективность действий по аудиту конфигурации. Но даже при отсутствии конфигурационной информации аудит, тем не менее, может быть осуществлен. Таким образом, можно заключить, что *между действиями процесса УК нет отношений строгой зависимости*. Заметим, что этот вывод подтверждается наличием гибких методологий управления проектами [20]. Исходя из такого представления, отдельное действие может выступать как отдельная операция, процедура или процесс.

4. 3. Группы действий

Для дальнейшего анализа действий рассмотрим подробнее схему функционирования процесса УК, которая представлена на рис. 1 и выполнена с использованием нотации UML [21].

Из показанной выше схемы видно, что весь процесс УК можно разделить на пять групп действий, а именно:

1. Те, что выполняются до достижения первого согласованного состояния.
2. Те, что выполняются после достижения согласованного состояния.
3. Те, что выполняются после рассогласования объекта.
4. Те, что выполняются в определенные моменты времени.
5. Те, что выполняются в случайные моменты времени.

Обозначим эти группы действий для i -го объекта

$$AG_{i,1}, AG_{i,2}, AG_{i,3}, AG_{i,4}, AG_{i,5}$$

соответственно. Содержание и семантика групп очевидна из представленной схемы и их названий. Так как отдельное действие может входить в несколько групп, то эти группы не являются взаимоисключающими, т. е. они не выступают в качестве классификационного признака для действий. Введение групп в разрабатываемую модель обосновывается тем, что они позволяют указывать действия, которые выполняются однократно, после рассогласования, периодически и случайно. Такая информация необходима для расчета показателей эффективности процесса УК.

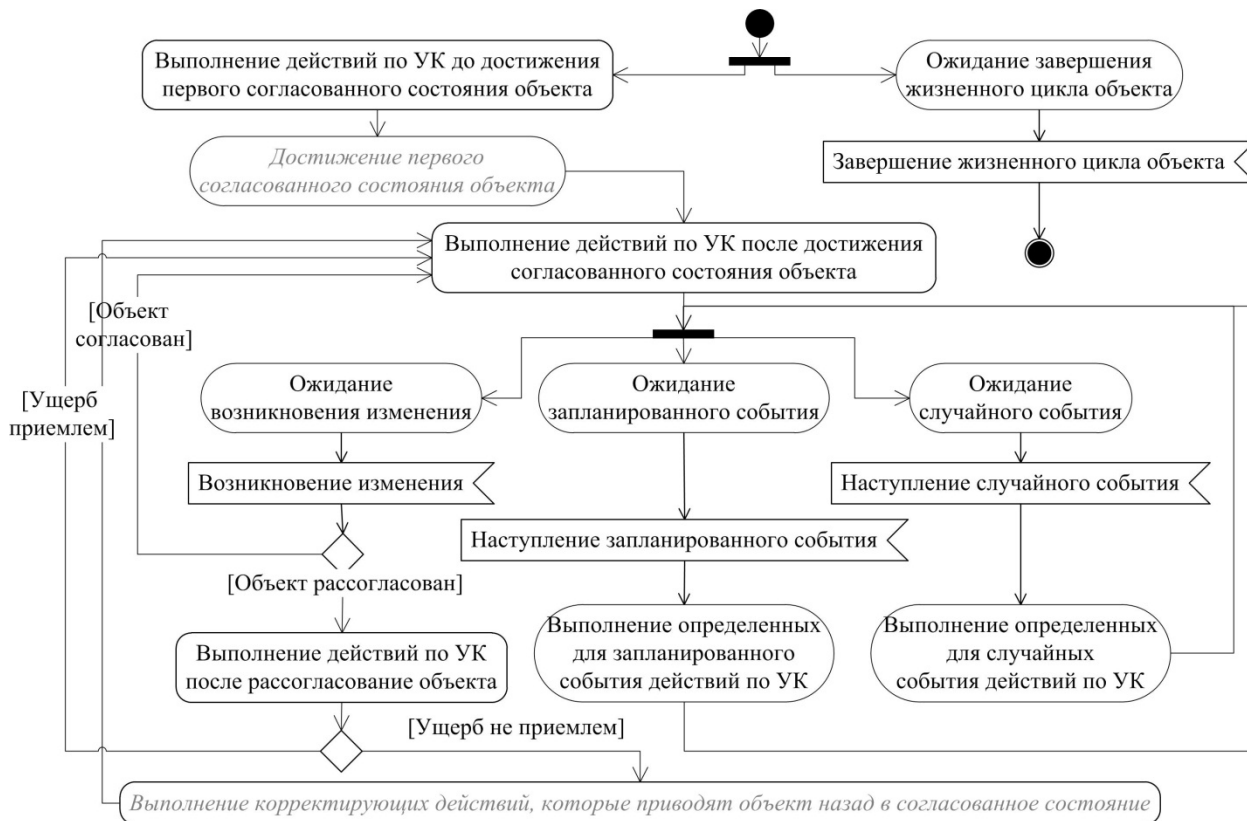


Рис. 1. Общая схема функционирования процесса управления конфигурацией объекта

4. 4. Классификация действий

Содержательный анализ механизма поддержки согласованности объекта позволяет выделить следующие признаки классификации действий, которые важны для построения модели процесса УК: направленность, формальность и момент выполнения действия. Схема классификации, на основании указанных признаков, представлена на рис. 2.

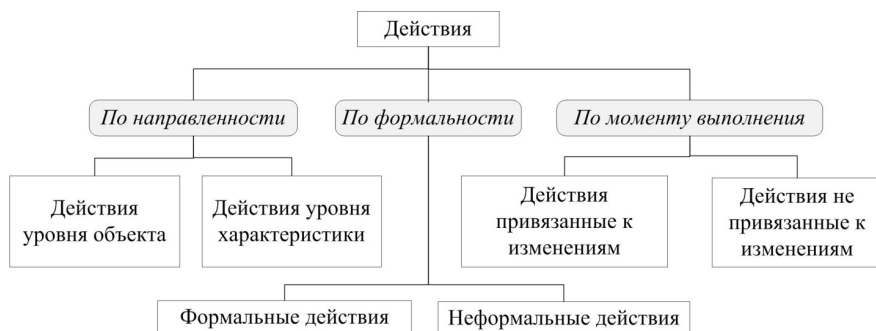


Рис. 2. Классификация действий процесса УК

– *Направленность действия.* По направленности выполнения, все действия по УК можно разделить на два класса, а именно, на те, что направлены на объект в целом и те, что направлены на отдельную характеристику объекта или его компонента. Так все действия подпроцесса «Планирование и управление» направлены на объект в целом, поскольку как планирование, так и управление основываются и учитывают объект целиком, а не его отдельную характеристику. Напротив, действия всех других подпроцессов направлены на отдельные характеристики объекта или его компонентов. Например, «Идентификация конфигурации» фиксирует отдельные характеристики, «Контроль конфигурации» обрабатывает изменения произошедшие с отдельной характеристикой, «Учет и выдача конфигурационной информации» также работает на уровне характеристик, как и подпроцесс «Аудита конфигурации».

Итак, по направленности, все действия по УК делятся на *действия уровня объекта* и *действия уровня характеристики*. Необходимость выделения этого аспекта действия объясняется тем, что он указывает, насколько детально нужно указывать значения свойств того или иного действия. Для действий уровня объекта значения их свойств указываются один раз для всего объекта. Для действий уровня характеристики эти значения нужно указывать для каждой контролируемой характеристики отдельно.

– *Формальность действия.* Следующим фактором, влияющим на величины стоимости реализации процесса УК и ущерба от рассогласования объекта, является *формальность выполнения действия*, под которой будем понимать степень строгости следования установленным правилам выполнения действия. Следовательно, правила должны быть каким-то образом установлены и где-нибудь зафиксированы. Из этого определения видно, что типов действий по этому классификационному признаку может быть бесконечно много: от полностью формальных, т. е. полное следование правилам, до полностью неформальных или adhoc, т. е. полное игнорирование правил или их отсутствие

вообще. Заметим, что *в независимости от формальности необходимого действия, оно будет осуществляться всегда.* Различаться будет только стоимость его выполнения и качество результатов. Как показывает практика, формальные действия, обычно, имеет более высокую стоимость и качество результатов. Ввод термина «формальность» сводит задачу оптимизации процесса УК к нахождению формальности каждого его действия. Однако возникает вопрос: что практически означает, например, выражение «выполнить действие с формальностью 23 %»? Какие из правил выполнения действия входят в 23 %? Так как в этой модели действия могут быть декомпозированы, то целесообразно ввести только два типа действий: *формальное* и *неформальное*, и, при необходимости, декомпонировать любое действие до того уровня, на котором относительно каждого действия можно утверждать будет ли оно

выполнено формально или неформально. Итак, по формальности, все действия по УК делятся на *формальные* и *неформальные*.

– *По моменту выполнения действия.* Рис. 1 показывает, что в зависимости от момента выполнения, все действия можно разделить на два класса. В первый попадают те действия, которые необходимо выполнить как можно быстрее после возникновения изменения, для того чтобы уменьшить длительности пребывания объекта в рассогласованном состоянии. Назовем такие действия *привязанными к изменениям*. К ним относятся все действия групп $AG_{1,2}, AG_{1,3}$. Второй класс включает действия, момент выполнения которых не зависит прямо от возникновения изменений. Назовем такие действия *непривязанными к изменениям*. К ним относятся все действия групп $AG_{1,1}, AG_{1,4}, AG_{1,5}$. Обратим внимание, что, несмотря на название класса, такие действия все-таки привязаны к изменениям, но косвенно, моменты их выполнения регулируются интенсивностью потока изменений.

4. 5. Вариант реализации процесса УК

Рассмотрим, от чего зависит состав процесса УК, т. е. множество действий, подлежащих к выполнению. Вспомним, что процесс УК поддерживает согласованность объекта путем контроля его изменений [4]. Такой контроль подразумевает постоянное возвращение объекта назад в согласованное состояние, при его рассогласовании из-за возникающих изменений. Рассогласование объекта всегда приводит к некоторому ущербу, величина которого зависит не только от времени и уровня рассогласования, но и от самого контролируемого объекта: его природы и цели существования. Например, очевидно, что величины ущербов от рассогласования проектов разработки космического летательного аппарата и разработки сайта-визитки различны. Из этого следует, что среди факторов, влияющих на состав процесса УК, присутствует непосредственно контролируемый объект.

Но, как показывает практика, объект может изменяться со временем. Напомним [4], что именно изме-

нения объекта являются основанием для реализации процесса управления его конфигурацией. Итак, после очередного изменения объекта, может возникнуть ситуация, когда первоначально запланированный состав процесса перестает соответствовать изменившемуся объекту по степени требуемой эффективности. Это обстоятельство приводит к необходимости контроля эффективности процесса после каждого изменения объекта, и, в случае неудовлетворительной эффективности процесса, может повлечь его перепланирование. Из этого следует два вывода. Во-первых, процесс УК представляют собой упорядоченную во времени последовательную серию своих вариантов реализации (ВР). Во-вторых, при описании процесса УК должно задаваться время его функционирования. Для строгости, уточним определение ВР данное в работе [4]: под *вариантом реализации* будем понимать неизменяемую совокупность действий по УК с постоянными свойствами. Итак, представим процесс УК *i*-го объекта как:

$$CMP_i = (\zeta_i^1, \zeta_i^2, \dots, \zeta_i^n, \dots), i \in \mathbb{N}, n \in \mathbb{N}, \tag{1}$$

где ζ_i^n – вариант реализации процесса УК *i*-го объекта в *n*-й период времени.

Из рис. 3 видно, что в этой модели существует взаимно-однозначное соответствие между периодами и вариантами реализации процесса УК.

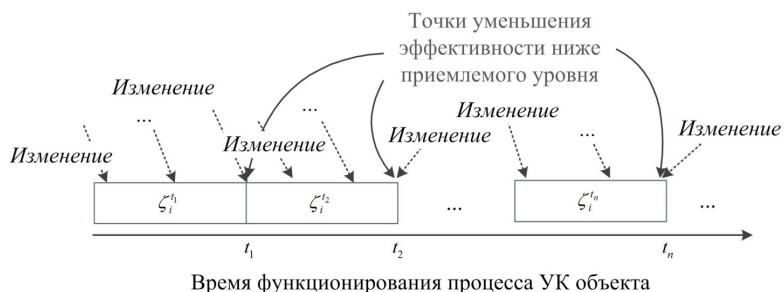


Рис. 3. Процесс УК как последовательность вариантов реализации

Варианты реализации процесса УК одного и того же контролируемого объекта могут различаться по составу, т. е. множеству действий, подлежащих к выполнению, зависимостями между ними, уровнем формальности и стоимостью выполнения каждого действия. Выделим составляющие отдельного варианта реализации.

При планировании ВР происходит выбор действий, которые будут являться его содержанием. В рамках этой модели такой выбор производится из континуума – множества *A*. Обозначим множество действий варианта ζ_i^n как $A_i^n \in A$. Как показывает практика, этот выбор может носить как эвристический характер [7, 18, 19, 20], так и основываться на конкретных методах и процедурах [1, 3, 6, 7]. Существенно то, что множество A_i^n формируется на основе анализа практической осуществимости каждого действия с учетом таких критических факторов, как например: бюджет реализации и срок функционирования процесса, критичность объекта, допустимый уровень ущерба от рассогласования и нацелены на минимизацию указанной величины ущерба. Это отличает множество A_i^n , состоящее из практических осуществимых действий, которое оптимизировано по некоторому критерию, от

множества *A*, состоящего из теоретически осуществимых действий в данных условиях. Сложность формирования множества A_i^n представляет собой отдельную проблему, которая требует соответствующих исследований. Поэтому для достижения поставленных целей этой работы будем считать множество A_i^n заданным.

Как уже было сказано, зависимости между действиями являются значимыми с точки зрения адекватности разрабатываемой модели. Поэтому введем в состав варианта ζ_i^n следующую квадратную матрицу, отражающую отношение зависимости между действиями:

$$AD_i^n = \|ad_{pq}\|, p = (\overline{1, k}), q = (\overline{1, k}), k = \text{card}(A_i^n), \tag{2}$$

где ad_{pq} принимает значение 1, если действие a_p зависит от действия a_q и 0, если эти действия независимы. Указание зависимости между действиями можно было ввести в описание действия. Но, поскольку зависимость не является универсальной и определяется условиями реализации, а действия для ВР выбираются из континуума – универсального множества, то указание зависимости нужно приводить на уровне ВР, а не действия.

Так как отдельное действие может входить в несколько групп, то полное описание варианта ζ_i^n требует указания состава всех групп действий:

$$AG_i^n = \langle AG_{i,1}^n, AG_{i,2}^n, AG_{i,3}^n, AG_{i,4}^n, AG_{i,5}^n \rangle, \tag{3}$$

где $AG_{i,g}^n$ – множество действий *g*-й группы *i*-го объекта в *n*-м периоде:

$$AG_{i,g}^n = \{ \dots, a_x, \dots \}, g = (\overline{1, 5}). \tag{4}$$

Объединение всех групп должно быть равно множеству $A_i^n = UAG_{i,g}^n$.

Теперь укажем действия уровня объекта и характеристики: для варианта ζ_i^n обозначим как ACH_i^n – множество действий уровня характеристики, а AO_i^n – множество действий уровня объекта. Заметим, $AO_i^n = A_i^n \setminus ACH_i^n$.

Формальность одного и того же действия различна в различных группах. Например, первоначальное планирование эффективнее проводить на основе определенной методики – формально, а повторное планирование, как реакцию на изменение объекта, в некоторых случаях, эффективнее проводить неформально. Поэтому формальность выполнения действий будем указывать на уровне групп. Также учтем, что в каждой группе могут быть действия уровня объекта и уровня характеристики. Итак, обозначим формальность действий варианта ζ_i^n как:

$$AF_i^n = \langle AF_{i,1}^n, AF_{i,2}^n, AF_{i,3}^n, AF_{i,4}^n, AF_{i,5}^n \rangle, \tag{5}$$

где $AF_{i,g}^n$ – формальность действий *g*-й группы *i*-го объекта в *n*-м периоде:

$$AF_{i,g}^n = \langle AFO_{i,g}^n, AFCH_{i,g}^n \rangle, \tag{6}$$

где $AFO_{i,g}^n$ – матрица-строка формальности действий уровня объекта, в которой столбцы представляют действия из множества AO_i^n :

$$AFO_{i,g}^n = \|afo_{1k}\|, k = \text{card}(AO_i^n), afo_{1k} \in \{0,1\}, \quad (7)$$

а $AFCH_{i,g}^n$ – матрица формальности действий уровня характеристики, в которой строки представляют характеристики i -го объекта и его компонентов, а столбцы действия из множества ACH_i^n :

$$AFCH_{i,g}^n = \|afc_{jk}\|, j = \text{card}(CH_i^{in}), \\ k = \text{card}(ACH_i^n), afc_{jk} \in \{0,1\}, \quad (8)$$

где CH_i^{in} – множество, включающее как непосредственные характеристики i -го объекта, так и характеристики всех его компонентов вплоть до максимального уровня его декомпозиции [5]. Условимся, что в матрицах $AFO_{i,g}^n$ и $AFCH_{i,g}^n$ ячейки со значением ноль будут обозначать неформальное выполнение действия, а со значением единица – формальное. Заметим, что включение компонентов i -го объекта в матрицу $AFCH_{i,g}^n$ обусловлено тем, что процесс УК поддерживает согласованность *только* i -го объекта, т. е. его непосредственных характеристик и характеристик его компонентов, и ни каких других внешних объектов.

Описание варианта реализации будет не полным, если не указать длительность выполнения всех действий из множества A_i^n . Необходимость такого шага обусловлена тем, что длительность является ключевым фактором влияния на ущерб от рассогласования объекта: как показывает практика, чем дольше объект находится в рассогласованном состоянии, тем больше значение ущерба; но время нахождения в рассогласованном состоянии зависит непосредственно от длительности выполнения действий из множества A_i^n . Ясно, что, также как и формальность, длительность выполнения одного и того же действия различна в различных группах. Зависимость длительности от случайных факторов указывает на то, что эта величина случайная. Более того, очевидно, что длительность зависит как от формальности выполнения действия, так и от его направленности, т. е. конкретной характеристики или объекта. Итак, введем в модель следующие случайные величины и их функции распределения:

– $AL_{i,gk}$ – длительность выполнения k -го действия уровня объекта g -й группы для i -го объекта; $ALF_{i,gk}$ – функция распределения случайной величины $AL_{i,gk}$.

– $AL_{ij,gk}$ – длительность выполнения k -го действия уровня характеристики g -й группы для j -й характеристики i -го объекта; $ALF_{ij,gk}$ – функция распределения случайной величины $AL_{ij,gk}$.

Важно обратить внимание, что конкретные, аналитические виды функций распределения $ALF_{i,gk}$ и $ALF_{ij,gk}$ должны каким-либо образом зависеть от формальности выполнения действий AF_i^n . Будем задавать длительность выполнения действий варианта ζ_i^n как:

$$AL_i^n = \langle AL_{i,1}^n, AL_{i,2}^n, AL_{i,3}^n, AL_{i,4}^n, AL_{i,5}^n \rangle, \quad (9)$$

где $AL_{i,g}^n$ – длительность выполнения действий g -й группы i -го объекта в n -м периоде:

$$AL_{i,g}^n = \langle ALO_{i,g}^n, ALCH_{i,g}^n \rangle, \quad (10)$$

где $ALO_{i,g}^n$ – матрица-строка функций распределения длительности выполнения действий уровня объекта, в которой столбцы представляют действия из множества AO_i^n :

$$ALO_{i,g}^n = \|alo_{1k}\|, k = \text{card}(AO_i^n), alo_{1k} = ALF_{i,gk}, \quad (11)$$

а $ALCH_{i,g}^n$ – матрица функций распределения длительности выполнения действий уровня характеристики, в которой строки представляют характеристики i -го объекта и его компонентов, а столбцы действия из множества ACH_i^n :

$$ALCH_{i,g}^n = \|alc_{jk}\|, j = \text{card}(CH_i^{in}), \\ k = \text{card}(ACH_i^n), alc_{jk} \in ALF_{ij,gk}. \quad (12)$$

Определив все составляющие, представим вариант ζ_i^n следующим образом:

$$\zeta_i^n = \langle AO_i^n, ACH_i^n, AD_i^n, AG_i^n, AL_i^n, AF_i^n \rangle. \quad (13)$$

Согласно формуле (8), определение варианта ζ_i^n зависит от множества CH_i^{in} . Следовательно, изменение этого множества требует определения нового варианта реализации. Напомним, что множество CH_i^{in} включает непосредственные характеристики i -го объекта, и характеристики всех его компонентов вплоть до максимального уровня декомпозиции. Поэтому добавление нового компонента или удаление существующего, всегда приводит к необходимости определения нового варианта ζ_i^{n+1} . Допустим, что изменение множества компонентов произошло ниже формально установленного, максимального уровня декомпозиции объекта. В этом случае, изменяется лишь значение некоторой интегральной характеристики, которое зависит от затрагиваемого множества компонентов. Поэтому необходимость в определении нового варианта реализации не возникает. Таким образом, установлено, что *в течение n -го периода могут изменяться только значения непосредственных характеристик объекта и его компонентов, а добавление или удаление компонентов требует определения нового варианта реализации.*

Еще раз подчеркнем следующие важные моменты. Первый момент – все действия из множества A_i^n выполняются всегда: различается только формальность их выполнения AF_i^n , которая является единственным управляющим параметром в разрабатываемой модели. Второй момент – описание действия не включает составляющие его действия, потому что при моделировании процесса УК необходимо декомпозировать каждое действие до того уровня, на котором относительно каждого декомпозированного действия можно утверждать: будет ли оно полностью выполнено формально или нет.

4. 6. Изменения объектов

Напомним, все действия по УК направлены на избежание ущерба от рассогласования контролируемого объекта, которое является следствием возникающих изменений. Из рис. 1 видно, что такие действия явля-

ются либо подготовкой к возникновению изменений ($AG_{i,1}$), либо непосредственной ($AG_{i,2}, AG_{i,3}$) или косвенной ($AG_{i,4}, AG_{i,5}$) реакцией на их возникновение. Поэтому важным фактором влияния на состав процесса УК и значения его показателей эффективности являются изменения. Действительно, чем больше плотность потока изменений, т. е. среднее количество изменений в единицу времени [22], тем больше количество выполняемых действий по их обработке и, следовательно, больше стоимость реализации процесса УК. Далее, чем больше плотность потока изменений, тем больше характеристик рассогласовывается и, следовательно, больше ущерб от рассогласования контролируемого объекта. Поэтому неотъемлемой частью математического описания процесса УК является формальное описание возможных изменений, которые могут возникнуть в течении ЖЦ объекта.

Рассмотрим возможные типы изменений, возникающие во время реализации процесса УК. Анализ исследований в сфере управления проектами показывает [1, 3, 15–19], что, с точки зрения процесса УК и настоящей модели, целесообразно классифицировать указанные изменения так, как показано на следующей схеме.

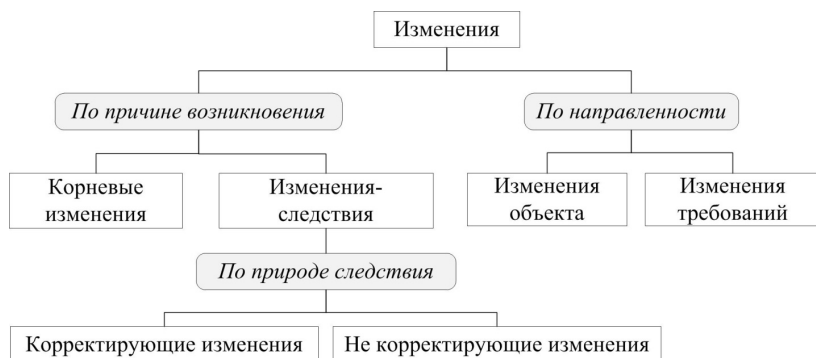


Рис. 4. Классификация изменений

По причине возникновения изменения делятся на корневые и изменения-следствия. *Корневые изменения* – это те, которые не являются следствием других изменений. Заметим, что это определение условно, поскольку философский принцип всеобщей взаимосвязи явлений говорит, что таких изменений не существует. Корневым, изменение может быть только с точки зрения процесса УК конкретного объекта. Вполне естественной может быть ситуация, когда одно изменение является корневым для процесса УК одного объекта, и изменением-следствием для процесса УК другого объекта. *Изменения-следствия* – это те, которые являются следствием корневых изменений. Практика показывает, что действия из группы $AG_{i,3}$ выполняется не сразу после возникновения корневого изменения (рис. 1), а через некоторый случайный промежуток времени, которое, в основном, уходит на уведомление заинтересованных сторон о возникновении этого изменения. В течении этого времени первоначальное корневое изменение может вызвать возникновение других прямых или косвенных изменений-следствий, которые могут привести к рассогласованию объекта. Изменения-следствия возникают из-за наличия некоторой взаимосвязи между характеристиками объекта (-ов), основа которой, обусловлена природой самого объек-

та. По природе следствия такие изменения делятся на корректирующие и не корректирующие изменения.

Корректирующие изменения – это изменения-следствия, целью которых является приведение объекта назад в согласованное состояние. Эти изменения представляют собой результат корректирующих действий. Обратим внимание, что эти действия *не входят* в состав процесса УК. Они являются частью других процессов управления объектом, поскольку по своей сути выступают как объектно-предметно-ориентированные, и, следовательно, не могут считаться инфраструктурными, как действия по УК. По этой причине, корректирующие действия не должны учитываться при оценке стоимости процесса УК. Понятно, что корректирующие изменения приводят к изменению контролируемого объекта. Если такие изменения касаются контролируемых характеристик объекта, то необходимо провести, как минимум, действия по учету новой конфигурационной информации. Таким образом, несмотря на то, что корректирующие изменения не приводят к рассогласованию объекта, они должны также обрабатываться процессом УК. Изменения-следствия, которые не относятся к корректирующим, назовем *не корректирующими изменениями*.

По направленности, изменения делятся на изменения объекта и изменения требований. Напомним [5], что изменение δ_{it} i -го объекта – это его переход из одного текущего состояния в другое в момент времени t . Эти изменения включают: изменения характеристик объекта или его компонентов, а также изменения множества этих компонентов O_i^n . Для описания того, что было затронуто некоторым изменением δ_{it} , введем термин *область влияния изменения*, который формально представляет собой кортеж, указывающий на то, что было затронуто в рамках этого изменения:

$$\vartheta_{it} = \langle \vartheta^a, \vartheta^c, \vartheta^r \rangle, \tag{14}$$

где ϑ^a – множество пар $\langle x, y \rangle$, указывающих, что объект o_y стал компонентом объекта o_x ; ϑ^c – множество идентификаторов изменившихся характеристик; ϑ^r – множество пар $\langle x, y \rangle$, указывающих, что объект o_y перестал быть компонентом объекта o_x . Из этого определения видно, что область влияния ϑ_{it} указывает на различие между предыдущим и текущим состояниями объекта. *Изменения требований* выступают как изменения объектов, так как, в этой модели, требования суть объекты. Поэтому все изложенное для изменений объектов относится и к изменениям требований. Практика показывает, что изменения требований, в большинстве случаев, являются корневыми. Однако, если контролируемый объект в текущий момент изменить нельзя, то могут быть изменены сами требования. В этом случае изменения требования являются корректирующими.

Обратим внимание, что в разрабатываемой модели любое изменение может быть классифицировано по двум основаниям: причине возникновения и направленности. Предлагаемая классификация выступает как базовая и может быть расширена дополнительными видами изменений, которые требуют условия реализации процесса УК.

Описание классификации изменений будет неполным, если не указать еще один тип изменений, влияющий на показатели эффективности. Практика показывает, что изменения могут касаться самого процесса УК. Например, *изменения процесса УК* могут проявлять себя как: изменения континуума A ; изменения множества действий A_i^n ; изменения состава групп AG_i^n и зависимостей между действиями AD_i^n ; изменения бюджета процесса, а также другие изменения, зависящие от условий реализации этого процесса. Все эти изменения требуют повторного планирования процесса УК, что приводит к новому ВР и, соответственно, новым значениям показателей эффективности. Обратим внимание, что если изменения процесса УК выступают как корневые, то возникает такая ситуация, когда контролируемый объект выступает как требования для процесса управления своей конфигурацией, а последний становится контролируемым объектом для процесса УК более высокого уровня. Очевидно, что учет изменений процесса УК на данном этапе исследования сильно усложнит разработку модели. Включение таких изменений представляет собой следующий возможный этап развития этой модели.

5. Выводы

В результате проведенного исследования было получено формальное, математическое описание обобщенного процесса УК абстрактного объекта.

Получено формальное описание отдельного действия на таком уровне абстракции, который позволяет

представлять в виде такого действия как операцию, так и процедуру или целый подпроцесс процесса УК.

Введена классификация всех действий процесса УК по направленности, формальности и моменту выполнения действия.

Установлено, что весь процесс УК можно разделить на пять групп действий, каждая из которых выполняется как реакция на определенное событие важное с точки зрения поддержки согласованности контролируемого объекта. Наличие этих групп позволяет указывать действия, которые выполняются однократно, после рассогласования объекта, периодически и случайно, что требуется для расчета некоторых показателей эффективности процесса УК. Кроме того, было установлено, что все группы действий составляют отдельный вариант реализации процесса УК. При этом последний представляет собой совокупность своих вариантов реализации. Были определены составляющие описания варианта реализации, одним из которых является формальность выполнения действия, которая является единственным управляющим параметром в разработанной математической модели.

Введена классификация изменений объектов, которые могут возникать в течении жизненного цикла проекта. Такие изменения включают как изменения контролируемого объекта, так и изменения внешних по отношению к нему объектов.

Следующим перспективным направлением развития, представленной в этой работе модели, может быть разработка системы показателей эффективности обобщенного процесса УК.

Литература

1. Руководство к Своду знаний по управлению проектами [Текст]: Руководство PMBOK®. – 3-е изд. – США/USA: Project Management Institute, 2004. – 388 с.
2. Морозов, В. В. Концептуальная модель процесса управления конфигурацией в проектах [Текст] / В. В. Морозов, С. И. Рудницкий // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 1/10 (61). – С. 187–193. – Режим доступа: <http://www/URL: http://journals.urau.ua/eejet/article/view/6766>
3. Practice Standard for Project Configuration Management [Text]. – USA: Project Management Institute, 2007. – 53 p.
4. Рудницкий, С. И. Разработка модели обобщенного процесса управления конфигурацией в управлении сложными проектами [Текст] / С. И. Рудницкий // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 2/3 (74). – С. 15–25. doi:10.15587/1729-4061.2015.39788
5. Рудницкий, С. И. Разработка модели объекта обобщенного процесса управления конфигурацией в управлении проектами [Текст] / С. И. Рудницкий // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 2/3(22). – С. 38–44. doi:10.15587/2312-8372.2015.41498
6. MIL-HDBK-61A(SE). Military Handbook. Configuration Management Guidance [Electronic resource]. – USA: Department of Defense, 7 February 2001. – Available at: [http://www/URL: http://acqnotes.com/Attachments/MIL-HDBK-61A%20\(SE\) Configuration%20Management%20Guidance.pdf](http://www/URL: http://acqnotes.com/Attachments/MIL-HDBK-61A%20(SE) Configuration%20Management%20Guidance.pdf)
7. EIA-649-B. Configuration Management Standard [Electronic resource]. – TechAmerica, 2011. – Available at: <http://www.techstreet.com/products/1800866>
8. Ратушний, Р. Т. Науково-методичні підстави управління конфігурацією проекту удосконалення системи пожежогасіння у сільському адміністративному районі [Текст] / Р. Т. Ратушний, О. В. Сидорчук, В. О. Тимочко // Вісник Львів. ДАУ: Агроінженерні дослідження. – 2005. – № 9. – С. 38–47.
9. Михалюк, М. А. Обґрунтування методів і моделей ідентифікації та контролю конфігурації проектів систем централізованої заготівлі молока [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.22 / М. А. Михалюк; Львів. держ. аграр. ун-т. – Л., 2008. – 20 с.
10. Татомир, А. В. Узгодження конфігурацій проектів сервісних та обслуговуваних систем (стосовно електрозабезпечення сільськогосподарських підприємств за використання енергії вітру) [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.22 / А. В. Татомир; Львів. нац. аграр. ун-т. – Л., 2009. – 20 с.
11. Reilly, M. A. Spent Nuclear Fuel Project Configuration Management Plan [Electronic resource] / M. A. Reilly. – 1995. – Available at: <http://www/URL: http://dx.doi.org/10.2172/97000>
12. Налютин, Н. Ю. Методы и программные средства управления конфигурациями проектов разработки встроенных систем [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.11 / Н. Ю. Налютин. – Москва, 2008. – 226 с.

13. IEEE Standard for Software Configuration Management Plans [Electronic resource]: IEEE Std 828-1998. – IEEE, 1998. – Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ieeestd.1998.88281>
14. Vann, J. M. TWRs Configuration management program plan [Electronic resource] / J. M. Vann. – 1996. – Available at: \www/URL: <http://dx.doi.org/10.2172/662064>
15. Морозов, В. В. Формування, управління та розвиток команди проекту (поведінкової компетенції) [Текст]: навч. посібн. / В. В. Морозов, А. М. Чердніченко, Т. І. Шпільова; за ред. В. В. Морозова; Ун-т економіки та права «КРОК». – К.: Таксон, 2009. – 464 с.
16. Бушуева, Н. С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития [Текст]: монография / Н. С. Бушуева. – К.: Наук. світ, 2007. – 199 с.
17. Бушуев, С. Д. Управление инновационными проектами и программами на основе системы знаний P2M [Текст]: монография / С. Д. Бушуев, Ф. А. Ярошенко, Х. Танака. – К.: Саммит-Книга, 2012. – 272 с.
18. Бушуев, С. Д. Динамическое лидерство в управление проектами [Текст] / С. Д. Бушуев, В. В. Морозов. – К.: ВИПОЛ, 1999. – 312 с.
19. Бушуев, С. Д. Креативные технологии управления проектами и программами [Текст]: монография / под ред. С. Д. Бушуева. – К.: Саммит-Книга, 2010. – 768 с.
20. Moreira, M. E. Adapting Configuration Management for Agile Teams: Balancing Sustainability and Speed [Text] / M. E. Moreira. – John Wiley & Sons, 2010. – 302 p.
21. Fowler, M. UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language [Text] / M. Fowler. – Ed. 3. – Addison-Wesley, 2003. – 208 p.
22. Вентцель, Е. С. Исследование операций [Текст] / Е. С. Вентцель. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.

Наведено опис моделей і методів інформаційної технології формування індивідуальних траєкторій самостійної роботи студентів з метою індивідуалізації процесу навчання, підвищення успішності студентів за рахунок раціонального і цілеспрямованого використання часу, відведеного на самостійну роботу. Запропоновано алгоритм, що дозволяє автоматизувати формування змісту самостійної роботи кожного студента. Наведені результати підтверджують ефективність використання запропонованої технології

Ключові слова: самостійна робота студентів, інформаційна технологія, індивідуальні траєкторії, прогнозування, продукційно-фреймові моделі

Приведено описание моделей и методов информационной технологии формирования индивидуальных траекторий самостоятельной работы студентов с целью индивидуализации процесса обучения и повышения успеваемости студентов за счет рационального и целенаправленного использования времени, отведенного на самостоятельную работу. Предложен алгоритм, позволяющий автоматизировать формирование содержания самостоятельной работы каждого студента. Приведенные результаты подтверждают эффективность использования предлагаемой технологии

Ключевые слова: самостоятельная работа студентов, информационная технология, индивидуальные траектории, прогнозирование, продукционно-фреймовые модели

УДК 004.82
DOI: 10.15587/1729-4061.2015.48240

ИНДИВИДУАЛИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В. А. Шевченко

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра информационных технологий и мехатроники
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
ул. Петровского, 25,
г. Харьков, Украина, 61002
E-mail: vicashev@gmail.com

1. Введение

Построение национальной системы образования в Украине предусматривает новый подход в профессиональной подготовке будущих кадров, направленный на преодоление кризиса в образовании, проявляющегося, прежде всего, в несоответствии знаний студентов запросам личности, общественным потребностям и

мировым стандартам. Преодоление кризиса в образовании, повышение уровня профессиональной подготовки выпускников ВУЗов невозможны без внедрения новых передовых технологий обучения.

В каждом ВУЗе обучаются студенты с разным уровнем довузовской подготовки и с различными способностями к обучению. Перед преподавателями ВУЗа стоит задача обучить всех студентов, дать всем знания,