

УДК 65.012.123

О.Е. Федорович<sup>1</sup>, А.В. Бабич<sup>2</sup><sup>1</sup> *Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков*<sup>2</sup> *Полтавский политехнический колледж НТУ «ХПИ», Полтава*

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИ СОЗДАНИИ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ С МНОГОУРОВНЕВОЙ КОМПОНЕНТНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

*Ставится и решается задача создания многоуровневой компонентной архитектуры программной системы. Выделены основные типы компонент: повторного использования, новые и сложные. Влияние функциональных компонент оценивается с помощью предложенного метода многооткликowego планирования эксперимента. Для поиска компромиссных решений используются прогнозные качественные оценки экспертов для основных составляющих вектора качества. С помощью лексикографического упорядочивания вариантов осуществляется поиск рационального состава программной системы с учетом противоречивости показателей вектора качества.*

**Ключевые слова:** *компонентная архитектура, программная система, компоненты повторного использования, лексикографическое упорядочивание вариантов, обеспечение качества.*

### Введение

Современные подходы к проектированию программных продуктов и систем (ПС) направлены на обеспечение качества в процессе создания, используя при этом высокоуровневые технологии проектирования, новые организационные принципы управления проектами и компонентную архитектуру ПС [1]. Компонентное проектирование позволяет выделить компоненты, которые зарекомендовали себя в прошлых разработках и поэтому могут использоваться в новых. При этом уменьшаются риски проектирования и обеспечивается качество ПС. Новые функциональные задачи требуют разработки новых компонент, которые оказывают отрицательное влияние на качество, риски и реализацию проекта. Очевидно, рациональное решение лежит в плоскости компромисса между «старым» и «новым». Поэтому актуальная тема предлагаемой публикации, в которой исследуется компонентная многоуровневая архитектура ПС в задаче обеспечения качества при ее создании.

### Решение задачи исследования

#### 1. Метод выделения функциональных компонент влияющих на качество формируемого состава программной системы

Компонентный подход основан на использовании множества компонент в виде компонент повторного использования (КПИ), новых компонент (НК), для которых нет аналогов и сложных компонент (СК), которые возникают путем комплексирования элементов нижних уровней при переходе на верхние уровни проектирования многоуровневой компонентной архитектуры создаваемой программной системы [2]. При формировании состава компо-

нент многоуровневой архитектуры ПС необходимо соблюдать требования технического задания (ТЗ), в том числе набор функций реализуемых в ПС с указанием их характеристик, которые должны учитываться при формировании множества  $M_i$  компонент для каждого  $i$ -го уровня архитектуры ПС.

В дальнейшем, необходимо определить в каком виде будет реализоваться каждая  $j$ -я компонента  $i$ -го уровня ( $r_{ij}$ ) (в виде КПИ или в виде НК). Реализация компонент в том или ином виде оказывает существенное влияние на качество выполнения проекта по созданию ПС.

При проведении проектных работ важно выделить те функциональные компоненты, которые оказывают влияние на обеспечение качества разрабатываемой ПС. Качество ПС будем оценивать в виде значений отдельных составляющих вектора качества [3]:

$$K = \langle K_1, K_2, \dots, K_m \rangle,$$

которые могут иметь как количественные оценки, так и значения в виде качественных представлений. На начальных этапах проектирования ПС значения оценок по каждому составляющему показателю вектора качества, зачастую, определяются экспертами путем прогнозирования. Важность тех или иных составляющих вектора качества задается опытными разработчиками ПО, которые ранжируют показатели и формируют ряд по убыванию их важности:

$$\widehat{K}_1, \widehat{K}_2, \dots, \widehat{K}_e, \dots, \widehat{K}_m, e = \overline{1, m},$$

где  $\widehat{K}_e$  – ранжированный, с учетом важности, показатель вектора качества  $K$ .

Пусть для каждой функциональной компоненты ПС возможен выбор и использование в процессе проектирования двух основных вариантов: компонента повторного использования (КПИ) и новая

компонента (НК). Тогда количество возможных вариантов формирования многокомпонентного состава ПС:  $N = 2^n$ , где  $n$  – количество функциональных компонент создаваемой ПС. Тогда любой вариант состава ПС можно условно представить в виде значения двоичного счетчика путем его полного перебора. Например, для трех функциональных компонент, ( $n=3$ ),  $N=2^3=8$ . Множество вариантов состава ПС будет иметь вид:

0 0 0  
0 0 1  
0 1 0  
0 1 1  
1 0 0  
1 0 1  
1 1 0  
1 1 1,

где 0 – означает разработку НК, а 1 – использование (с возможной адаптацией) существующей КПИ.

Тогда 000 – означает формирование состава ПС, полностью из НК; 111 – формирование состава ПС полностью из КПИ. Для, например, компонентного состава 101, первая функциональная компонента соответствует КПИ, вторая – НК, третья – КПИ.

Для оценки влияния функциональных компонент на показатели качества ПС воспользуемся методом многофакторного планирования эксперимента.

Сформируем план эксперимента с  $N = 2^n$  строками (опытами), который соответствует полному факторному эксперименту (ПФЭ). В качестве «откликов» ПФЭ будем использовать значения составляющих показателей вектора качества  $K$  с уче-

том их важности. Так как их множество, то получим много «откликов», то есть не один, а множество столбцов «откликов» в представлении ПФЭ (рис. 1).

Зафиксируем набор составляющих показателей вектора качества в разрабатываемой многокомпонентной ПС с учетом их важности:

$$\widehat{K} = \langle \widehat{K}_1, \widehat{K}_2, \widehat{K}_3, \widehat{K}_4, \widehat{K}_5 \rangle,$$

где  $\widehat{K}_1$  – прогнозируемый экспертом уровень качества многокомпонентного состава, который будет получен в результате разработки ПС;

$\widehat{K}_2$  – прогнозируемый уровень инновационности ПС;

$\widehat{K}_3$  – прогнозируемые затраты на создание многокомпонентного состава ПС;

$\widehat{K}_4$  – прогнозируемые сроки окончания разработки ПС;

$\widehat{K}_5$  – прогнозируемые риски, связанные с реализуемостью проекта по созданию новой ПС.

Пусть, в качестве примера исследования создания компонентной архитектуры ПС, количество функциональных компонент  $n = 3$ . Построим план ПФЭ с тремя факторами  $x_j$  (по количеству компонент ПС) табл. 1). В этом плане кроме значений отдельных факторов присутствуют их возможные взаимодействия  $x_1 \cdot x_2$ ,  $x_1 \cdot x_3$ ,  $x_2 \cdot x_3$ ,  $x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$ . Взаимодействие позволяет оценить значение «синергетического» эффекта, связанного с совместным взаимодействием факторов (функциональных компонент) и их влиянием на прогнозируемое качество  $\widehat{K}$ .

Таблица 1

Многооткликовый план  
многофакторного исследования компонентного состава разрабатываемой ПС

	Факторы							Отклики				
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1x_2x_3$	$\widehat{K}_1$	$\widehat{K}_2$	$\widehat{K}_3$	$\widehat{K}_4$	$\widehat{K}_5$
1	-	-	-	+	+	+	-	5,D	A	D	D	D
2	-	-	+	+	-	-	+	7,C	B	C	C	C
3	-	+	-	-	+	-	+	6,D	B	C	B	C
4	-	+	+	-	-	+	-	8,B	C	B	C	B
5	+	-	-	-	-	+	+	6,D	B	B	C	C
6	+	-	+	-	+	-	-	9,B	C	B	C	B
7	+	+	-	+	-	-	-	8,B	C	B	B	B
8	+	+	+	+	+	+	+	10,A	D	A	A	A

В плане ПФЭ, с учетом требований многофакторного планирование эксперимента, «-» соответст-

вует нижнему значению фактора (для нашего случая это «0»), т.е. создание НК, а «+» – верхнее значение

(для нашего случая 1, т.е. использование, с возможной адаптацией, КПИ). Значение знака для произведений факторов получается путем произведения значений отдельных факторов с учетом их знаков. Каждая строка (опыт) плана ПФЭ требует проведения опроса экспертов для получения прогнозируемых оценок для каждой составляющей вектора качества  $\widehat{K}$ . Оценки можно задать в виде единой нормированной количественной шкалы, например, от 1 до 10.

В результате обработки результатов экспертного оценивания можно построить неполную квадратичную регрессионную зависимость для каждого «отклика» (показателя)  $\widehat{K}$ :

$$\begin{aligned}\widehat{K}_1 &= k_0^I + k_1^I \cdot x_1 + k_2^I \cdot x_2 + k_3^I \cdot x_3 + k_{12}^I \cdot x_1 \cdot x_2 + \\ &+ k_{13}^I \cdot x_1 \cdot x_3 + k_{23}^I \cdot x_2 \cdot x_3 + k_{123}^I \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 ; \\ \widehat{K}_2 &= k_0^{II} + k_1^{II} \cdot x_1 + k_2^{II} \cdot x_2 + k_3^{II} \cdot x_3 + k_{12}^{II} \cdot x_1 \cdot x_2 + \\ &+ k_{13}^{II} \cdot x_1 \cdot x_3 + k_{23}^{II} \cdot x_2 \cdot x_3 + k_{123}^{II} \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 ; \\ \widehat{K}_3 &= k_0^{III} + k_1^{III} \cdot x_1 + k_2^{III} \cdot x_2 + k_3^{III} \cdot x_3 + k_{12}^{III} \cdot x_1 \cdot x_2 + \\ &+ k_{13}^{III} \cdot x_1 \cdot x_3 + k_{23}^{III} \cdot x_2 \cdot x_3 + k_{123}^{III} \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 ; \\ \widehat{K}_4 &= k_0^{IV} + k_1^{IV} \cdot x_1 + k_2^{IV} \cdot x_2 + k_3^{IV} \cdot x_3 + k_{12}^{IV} \cdot x_1 \cdot x_2 + \\ &+ k_{13}^{IV} \cdot x_1 \cdot x_3 + k_{23}^{IV} \cdot x_2 \cdot x_3 + k_{123}^{IV} \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 ; \\ \widehat{K}_5 &= k_0^V + k_1^V \cdot x_1 + k_2^V \cdot x_2 + k_3^V \cdot x_3 + k_{12}^V \cdot x_1 \cdot x_2 + \\ &+ k_{13}^V \cdot x_1 \cdot x_3 + k_{23}^V \cdot x_2 \cdot x_3 + k_{123}^V \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 .\end{aligned}$$

Приведем иллюстрированный пример расчета для  $\widehat{K}_1$  (прогнозируемый уровень качества). Пусть, для каждого возможного варианта многокомпонентного состава ПС эксперты дали прогнозную оценку уровня качества с учетом возможного влияния комбинаций компонент на значение  $\widehat{K}_1$  в нормированной шкале (1÷10) (рис. 1).

Используя метод расчета коэффициентов регрессионной зависимости для ПФЭ получим:

$$\begin{aligned}\widehat{K}_1 &= k_0^I + k_1^I \cdot x_1 + k_2^I \cdot x_2 + k_3^I \cdot x_3 + k_{12}^I \cdot x_1 \cdot x_2 + \\ &+ k_{13}^I \cdot x_1 \cdot x_3 + k_{23}^I \cdot x_2 \cdot x_3 + k_{123}^I \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 = \\ &= 7,375 + 0,875 \cdot x_1 + 0,625 \cdot x_2 + \\ &+ 1,125 \cdot x_3 + 0,250 \cdot x_1 \cdot x_2 + \\ &+ 0,250 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,250 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,250 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 .\end{aligned}$$

Анализ результатов прогнозирования  $\widehat{K}_1$  указывает на сильную зависимость качества от третьей функциональной компоненты и наименьшую зависимость от второй компоненты. Ряд факторов, с учетом важности функциональных компонент, имеет вид:

$$x_3, x_1, x_2 .$$

Полученные прогнозируемые оценки влияния функциональных компонент целесообразно учитывать при формировании многокомпонентного состава ПС. «Синергетический» эффект влияния на качество для комбинаций компонент, в данном примере,

примерно одинаков. Регрессионные зависимости для других показателей качества можно рассчитать таким же образом.

## 2. Метод выбора компромиссного варианта состава создаваемой компонентной ПС

Учитывая, что составляющие показатели вектора качества  $\widehat{K}$ , зачастую, имеют противоречивый характер, возникает задача выбора компромиссного варианта формируемого компонентного состава. Для удобства работы с экспертами воспользуемся качественными оценками, которые представим в виде букв латинского алфавита. Тогда значения составляющих вектора качества  $\widehat{K}$  могут быть представлены следующим образом:

$$\begin{aligned}\widehat{K}_1 &= \begin{cases} \text{А – высокий уровень качества,} \\ \text{В – достаточный уровень,} \\ \text{С – удовлетворительный уровень,} \\ \text{D – низкий уровень.} \end{cases} \\ \widehat{K}_2 &= \begin{cases} \text{А – высокий уровень инновационности,} \\ \text{В – достаточный уровень,} \\ \text{С – удовлетворительный уровень,} \\ \text{D – низкий уровень.} \end{cases} \\ \widehat{K}_3 &= \begin{cases} \text{А – малые затраты на создание ПС,} \\ \text{В – удовлетворительные затраты,} \\ \text{С – большие затраты,} \\ \text{D – очень большие затраты.} \end{cases} \\ \widehat{K}_4 &= \begin{cases} \text{А – краткие сроки окончания разработки ПС,} \\ \text{В – удовлетворительные сроки,} \\ \text{С – длительные сроки,} \\ \text{D – очень длительные сроки.} \end{cases} \\ \widehat{K}_5 &= \begin{cases} \text{А – минимальные риски проектирования ПС,} \\ \text{В – удовлетворительные риски,} \\ \text{С – высокие риски,} \\ \text{D – очень высокие риски.} \end{cases}\end{aligned}$$

Как известно, план полного факторного эксперимента (ПФЭ) содержит полный перебор  $N = 2^n$  возможных вариантов компонентного состава ПС, который формируется из КПИ и НК (рис. 1). Поэтому воспользуемся строками этого плана (опытами) для формирования прогнозных оценок экспертов по составляющим показателям вектора качества  $\widehat{K}$  для каждого возможного варианта компонентного состава ПС. Используя качественные оценки (А, В, С, D) получим множество оценок для составляющих вектора качества  $\widehat{K}$  в виде множества «слов», в каждом из которых используются буквы латинского алфавита.

Расположение букв в «слове» соответствует важности составляющих вектора качества  $\widehat{K}$ .

В результаті, получим множество варіантів компонентного складу ПС в формі списку «слів» (рис. 1):

1. D A D D D
2. C B C C C
3. D B C B C
4. B C B C B
5. D B B C C
6. B C B C B
7. B C B B B
8. A D A A A.

Якщо упорядкувати цей список відповідно до вимог словника (лексикографічне упорядкування), то можна отримати упорядкований список, в якому, внаслідок, будуть знаходитися переважні варіанти для формування багатокомпонентного складу ПС, а в кінці – гірші варіанти. Після упорядкування списку «слів» отримав:

8. A D A A A
7. B C B B B
6. B C B C B
4. B C B C B
2. C B C C C
1. D A D D D
5. D B B C C
3. D B C B C.

Відкинемо варіанти багатокомпонентного складу ПС, у яких є хоча б одна оцінка значення букви D в «слові» (погана оцінка). Отримаємо:

7. B C B B B
6. B C B C B
4. B C B C B
2. C B C C C.

Остаточний вибір компромісного варіанта архітектури ПС цілком природно робити використовуючи 7, 6 або 4 варіанти з огляду на думку експертів (розробників ПС).

## Выводы

Предлагаемый подход связан с созданием сложной многоуровневой архитектуры программной системы на основе компонентного представления. Предложено выделить из множества компонент тех, которые зарекомендовали себя в прошлых разработках и поэтому могут с успехом использоваться в новых проектах. Новые функциональности приводят к рискам в обеспечении качества, а также отрицательно влияют на реализуемость проекта. Предложен метод для оценки влияния компонент на основные показатели качества. Рациональное решение основано на поиске компромисса между «старым» и «новым», что осуществляется с использованием методов планирования многооткликового эксперимента и лексикографического упорядочивания.

## Список литературы

1. Brown A. *Large Scale, Component-Based Development [Text]* / A. Brown. – Prentice Hall, 2000. – 285 p.
2. Компонентное проектирование аэрокосмической техники [Текст]: моногр. / О.Е. Федорович, Е.С. Яшина, И. В. Белецкий. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2012. – 180 с.
3. *Using Reverse Semantic Traceability for Quality Control in Agile MSF-based Projects [Electronic resource]* / K. Zhereb, V. Pavlov, A. Doroshenko, V. Sergienko // *International Software & Productivity Engineering Institute (INTSPEI)*. – Moscow, Russia: 4th Software Engineering Conference, October 23, 2008: Proceedings. – Mode of access: WWW.URL: [http://2008.cee-secr.org/ru/etc/secr2008\\_konstantin\\_zhereb\\_intspei\\_using\\_rst.pdf](http://2008.cee-secr.org/ru/etc/secr2008_konstantin_zhereb_intspei_using_rst.pdf). – Last access: March 11, 2016. – Title from the screen.

Поступила в редколлегию 18.02.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРИ СТВОРЕННІ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ З БАГАТОРІВНЕВОЮ КОМПОНЕНТНОЮ АРХІТЕКТУРОЮ

О.Є. Федорович, О.В. Бабич

*Ставиться та вирішується створення багаторівневої компонентної архітектури програмної системи. Виділено основні типи компонентів: повторного використання, нові й складні. Вплив функціональних компонентів оцінюється за допомогою запропонованого методу багатовідкликового планування експерименту. Для пошуку компромісних рішень використовуються прогнозні якісні оцінки експертів для основних складових вектора якості. За допомогою лексикографічного впорядкування варіантів здійснюється пошук раціонального складу програмної системи з урахуванням суперечливості показників вектора якості.*

**Ключові слова:** компонентна архітектура, програмна система, компоненти повторного використання, лексикографічне впорядкування варіантів, забезпечення якості.

## QUALITY ASSURANCE IN THE CREATION OF SOFTWARE SYSTEM WITH MULTILEVEL COMPONENT ARCHITECTURE

O.Ye. Fedorovich, A.V. Babich

*Pose and solve development of multilevel component architecture of a software system. Obtained the basic types of components: reuse, new and complex. Influence of functional component is estimated using the proposed method of multiclique experimental planning. To search for compromise solutions used by forward-looking qualitative assessments of experts for the quality of the main components of the vector. With lexicographical ordering options searches rational structure of a software system based on contradictory indicators of the quality of the vector.*

**Keywords:** component architecture, software system, reuse components, lexicographical ordering options, quality assurance.