

УДК 681.322

О.Е. ФЕДОРОВИЧ, С.С. ПЛОХОВ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОЕКТАХ СОЗДАНИЯ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ

Предложен подход к формированию множества компонент повторного использования (КПИ) при проектировании наукоемкой техники, основанной на выделении классов близких компонент по прошлым разработкам, и с учетом будущих проектов с использованием мнений экспертов, а также лексикографического упорядочивания вариантов.

проектирование наукоемких изделий, компоненты повторного использования, лексикографическое упорядочивание вариантов, полезность отдельных компонент

Введение

При создании новой техники реализуемость проектов в большой степени зависит от новизны проектных решений. Новые проектные решения обладают наибольшим риском, что связано с проведением целого цикла работ, соответствующего этапам жизненного цикла (ЖЦ) изготавливаемых элементов (компонент) сложного изделия (СИ). Поэтому актуальны исследования, связанные с выделением при проектировании компонент повторного использования (КПИ) [1]. В этом случае, за счет заблаговременных действий по формированию КПИ, можно повысить реализуемость проектов новой техники путем использования не одного, а множества КПИ в составе СИ [2]. При этом снижается риск, связанный с использованием новых проектных решений (риск «нового») в виде вновь создаваемых компонент СИ. Этот риск переносится не на заказчика (реальный проект), а на команду, которая выделяется в проектных организациях для формирования и использования множества КПИ в будущих проектах организации.

Постановка задачи. Рассмотрим более подробно действия проектной команды по формированию множества КПИ. Этот процесс можно разбить на

два направления:

1. Отбор компонент, кандидатов на множестве КПИ, по выполненным проектам создания новой техники.

2. Формирование множества КПИ с учетом прогнозирования будущих проектов (заказов).

Для первого направления характерно наличие подробной (детальной) информации относительно отдельных компонент выполненных проектов не только конкретной организации, но и других, по проектам которых имеется информация. Учитывая, что рассматривается процесс создания СИ, компоненты которого имеют иерархическую структуру, кандидатов в КПИ необходимо отбирать на отдельных уровнях детализации СИ. При этом целесообразно с помощью системного подхода осуществлять поиск и отбор кандидатов в КПИ «сверху-вниз», начиная с верхних («крупных») уровней детализации и спускаясь в дальнейшем на нижние [3]. Дело в том, что компоненты верхних уровней имеют меньшие значения риска «нового», чем компоненты нижних уровней, которые в дальнейшем необходимо в процессе проектирования новых СИ интеграционно связывать (компоновать) для получения компонент верхнего уровня.

Метод решения

Рассмотрим системную методику выделения и формирования множества КПИ (множества P):

1. Рассмотрим первый уровень детализации СИ (например, уровень подсистем).

Пусть имеется U выполненных проектов СИ. Для каждого k -го проекта выделим множество M_k подсистем. Общее количество подсистем (компонент первого уровня) $M_1 = \bigcup_k M_{1k}$. В свою очередь, для каждого проекта СИ:

$$M_{1k} = \bigcup_j m_{1kj},$$

где m_{1kj} – j -я подсистема k -го выполненного проекта СИ;

$j = \overline{1, r_{1k}}, r_{1k}$ – количество подсистем в k -м проекте.

2. Будем искать близкие (аналоги) проекты. Выбор аналогов может осуществляться экспертами в виде выделения классов аналогов (классов эквивалентности) по следующим признакам:

- одинаковость функционального назначения подсистемы;
- близкий перечень решаемых задач (операций);
- близость архитектур (структуры и состава элементов);
- близость характеристик (параметров).

Перечень указанных признаков можно расширять для более точного отбора множества аналогов.

Проведем стратификацию множества M_1 (подсистем) выполненных проектов по указанным признакам в следующей последовательности представлений, которая соответствует важности признака:

- функциональное (F);
- операционное (O);
- архитектурное (A);
- параметрическое (H).

Эта последовательность соответствует иерархии

стратифицированного разбиения проектов на первом (подсистемном) уровне декомпозиции (рис. 1).

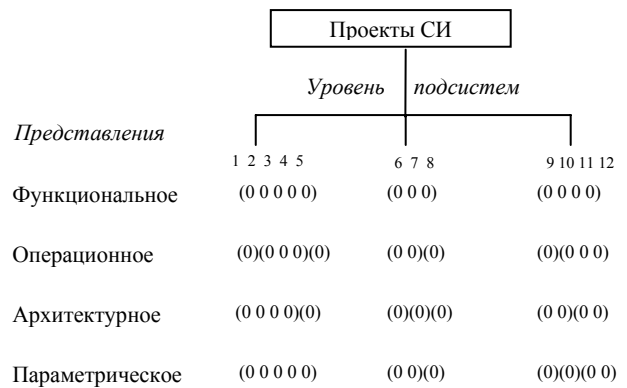


Рис. 1. Стратифицированное представление проектов

Структурируем вначале проекты по функциональному признаку и получим функциональные разбиения первого уровня СИ:

$$P(F_1) = \{P(F_{11}), P(F_{12}), \dots, P(F_{1\theta})\}.$$

Внутри каждого подмножества $P(F_{1\beta})$ разобьем подсистемы по операционному признаку:

$$P(F_{1\beta}, O_1) = \{P(F_{1\beta}, O_{11}), P(F_{1\beta}, O_{12}), \dots, P(F_{1\beta}, O_{1\gamma})\}.$$

Далее получим разбиение по архитектурному признаку:

$$P(F_{1\beta}, O_{1\lambda}, A_1) = \{P(F_{1\beta}, O_{1\lambda}, A_{11}), P(F_{1\beta}, O_{1\lambda}, A_{12}), \dots, P(F_{1\beta}, O_{1\lambda}, A_{1\mu})\}.$$

Проведем окончательное разбиение по параметрическому признаку:

$$P(F_{1\beta}, O_{1\lambda}, A_{1h}, H_1) = \{P(F_{1\beta}, O_{1\lambda}, A_{1h}, H_{11}), P(F_{1\beta}, O_{1\lambda}, A_{1h}, H_{12}), \dots, P(F_{1\beta}, O_{1\lambda}, A_{1h}, H_{1\gamma})\}.$$

В качестве примера рассмотрим разбиение на рис. 1.

Здесь имеющиеся подсистемы выполненных проектов разбиты на три подмножества по функциональному признаку. Далее с учетом важности признаков, проведено разбиение на подмножества по операционному признаку. Затем – разбиение на подмножества по архитектурному признаку. И в конце проведено разбиение по параметрическому признаку. В соответствии с важностью признаков

оценим каждую подсистему следующим образом:

$$\begin{array}{lll} S_1(5,1,4,5) & S_6(3,2,1,2) & S_9(4,1,2,1) \\ S_2(5,3,4,5) & S_7(3,2,1,2) & S_{10}(4,3,2,1) \\ S_3(5,3,4,5) & S_8(3,1,1,1) & S_{11}(4,3,2,2) \\ S_4(5,3,4,5) & & S_{12}(4,3,2,2), \\ S_5(5,1,1,5) & & \end{array}$$

где $S_4(5,3,4,5)$ например, означает, что 4-я подсистема по функциональному признаку попала в подмножество с пятью близкими подсистемами, по операционному признаку – в подмножество с тремя близкими элементами, по архитектурному признаку – в подмножество с четырьмя близкими элементами, по параметрическому признаку – в подмножество с пятью близкими элементами. Размер $q_{r_j}, r_j = \{1,2,3,4\}$ каждого подмножества характеризует типовость и представительность i -й подсистемы по r_j -му признаку. Чем больше значение q_{r_j} , тем больше уверенность эксперта в выборе i -й подсистемы в качестве элемента КПИ. Поэтому, с учетом важности признаков, все подсистемы внутри подмножеств можно лексикографически упорядочить:

$$\begin{array}{lll} S_2(5,3,4,5) & S_6(3,2,1,2) & S_{11}(4,3,2,2) \\ S_3(5,3,4,5) & S_7(3,2,1,2) & S_{12}(4,3,2,2) \\ S_4(5,3,4,5) & S_8(3,1,1,1) & S_{10}(4,3,2,1) \\ S_1(5,1,4,5) & & S_9(4,1,2,1). \\ S_5(5,1,1,5) & & \end{array}$$

1. В начале каждого ряда находятся подсистемы, имеющие большее предпочтение для попадания в множество элементов КПИ. Отбросим явно худшие варианты и оставим варианты с одинаковыми характеристиками:

$$\begin{array}{lll} S_2(5,3,4,5) & S_6(3,2,1,2) & S_{11}(4,3,2,2) \\ S_3(5,3,4,5) & S_7(3,2,1,2) & S_{12}(4,3,2,2). \\ S_4(5,3,4,5) & & \end{array}$$

2. Из оставшихся вариантов необходимо выбрать по одному функциональному представителю, который наиболее полно характеризует данный класс и в дальнейшем может войти в качестве кандидата в формируемое множество КПИ. При этом в дальнейшем возможны действия по дополнительному

проектированию выбранной компоненты, если эксперты посчитают, что необходимых свойств для использования подсистемы в качестве КПИ недостаточно. Пусть дополнительная экспертиза подсистем выявила следующих кандидатов в КПИ:

$$S_3(5,3,4,5) \quad S_7(3,2,1,2) \quad S_{11}(4,3,2,2).$$

3. Далее эксперты оценивают полезность (вес) V_{m_i} i -й подсистемы с учетом q_{m_i} затрат по дополнительному проектированию для формирования КПИ. Оценивание полезности V_{m_i} эксперты могут осуществлять как в количественной шкале, например, от 0 до 1, так и в качественной. В последнем случае:

$$V_m = \begin{cases} - \text{обязательно использовать в качестве КПИ;} \\ - \text{можно использовать в качестве КПИ,} \\ \quad \text{но с доработками;} \\ - \text{приемлемо использовать в качестве КПИ,} \\ \quad \text{но с большими доработками;} \\ - \text{маловероятно использовать в качестве КПИ;} \\ - \text{не использовать в качестве КПИ.} \end{cases}$$

Далее, путем введения функций принадлежности [3] и использования процедуры фазификации можно перевести качественные оценки экспертов в количественную шкалу (от 0 до 1) для получения количественного значения веса V_{m_i} .

4. Сформируем ряд T_1 из кандидатов в множестве КПИ с учетом полезности вариантов, где в начале ряда будет находиться подсистема с наибольшим значением веса V_{m_i} . Для примера: S_3, S_{11}, S_7 .

5. Формирование множества КПИ осуществляется с учетом назначенного экспертами порога полезности \hat{V}_1 . Окончательно получим подмножество

$$\text{КПИ на уровне подсистем: } \hat{T}_1 = \bigcup_{\rho} m_{1\rho}, \rho = 1, \overline{\hat{W}_1}, \text{ где}$$

\hat{W}_1 соответствует мощности множества \hat{T}_1 , которое получено с учетом порога \hat{V}_1 из множества кандидатов T_1 . Для примера: S_3, S_{11} .

6. В множестве анализируемых выполненных проектов U рассмотрим компоненты первого уровня (подсистемы), которые не попали в состав формируемого множества КПИ. Проведем декомпозицию этих подсистем на компоненты второго уровня СИ. Получим множество M_{2k} для каждой k -й подсистемы в виде компонент второго уровня $M_2 = \bigcup M_{2k}$. Будем выделять множества аналогов в виде классов эквивалентности с учетом признаков (п. 2) и новых признаков, которые могут добавиться при декомпозиции компонент первого уровня. Повторяя п.п. 2 – 5, получим подмножество КПИ второго уровня

$$\hat{T}_2 = \bigcup_i \overline{\omega_{2i}, i=1, \hat{W}_2}.$$

7. Итерационно повторяем п.п. 1 – 6, пока не сформируем подмножества КПИ для всех n уровней (рис. 2). В результате получим множество КПИ в виде подмножеств отдельных уровней декомпозиции СИ: $T_{КПИ}^{\wedge} = \bigcup_{\alpha} \hat{T}_{\alpha}^{\wedge}$, где $\alpha = \overline{1, n}$.

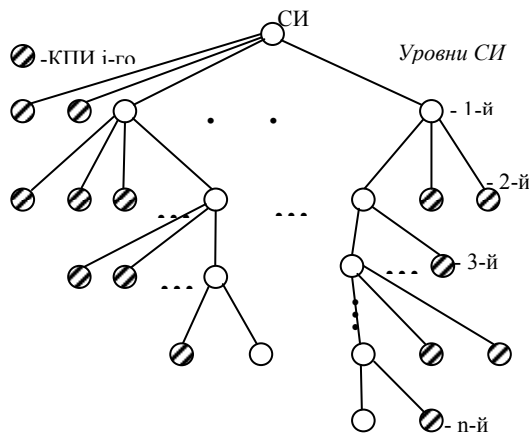


Рис. 2. Многоуровневая детализация компонент повторного использования

Для проведения действий по второму направлению, связанному с формированием КПИ, с учетом прогнозирования выполнения будущих заказов, необходимо проанализировать функциональный состав компонент будущих проектов. Близость функциональных компонент будущих проектов будет являться одним из основных признаков при форми-

ровании классов аналогов, если отсутствует подробная информация относительно архитектуры СИ. Проводя функциональную декомпозицию проектов и итерационно повторяя п.п. 1 – 6, получим

$$Q_{КПИ}^{\wedge} = \bigcup_{\beta} \hat{Q}_{\beta}^{\wedge},$$

где $\beta = \overline{1, l}$;

$\hat{Q}_{КПИ}^{\wedge}$ – множество КПИ выделенное в процессе анализа будущих проектов СИ;

\hat{Q}_{β}^{\wedge} – подмножество КПИ для β -го уровня детализации будущих проектов СИ;

l – количество уровней проводимой декомпозиции будущих проектов СИ.

Окончательно, с учетом двух направлений формирования множества A КПИ, получим:

$$A = T_{КПИ}^{\wedge} + Q_{КПИ}^{\wedge}.$$

Рассмотрим подробнее жизненный цикл КПИ (ЖЦ КПИ). На первой стадии ЖЦ КПИ проводится выделение КПИ в выполненных проектах по созданию СИ. Далее осуществляется, если необходимо, доработка КПИ и формирование аппаратно-программного интерфейса для обеспечения относительной универсальности КПИ при использовании в будущих проектах.

На следующем этапе ЖЦ КПИ осуществляется адаптация отдельных КПИ к конкретному проекту, в котором они будут использоваться. После выполнения целого ряда проектов актуальность (полезность) i -го КПИ может падать, что оценивается разработчиками и экспертами. В конце концов, если полезность V_{m_i} i -й компоненты достигает некоторого порогового значения $V_{пор}$, эту компоненту необходимо вывести из множества A . На рис. 3 представлен ЖЦ КПИ для компонент, полученных в результате прошлых разработок.

В случае выделения КПИ по второму способу, с учетом будущих проектов СИ, ЖЦ КПИ резко увеличивается.



Рис. 3. Формирование КПИ по прошлым разработкам

Это связано с тем, что необходимо провести полный цикл проектных работ до получения образца КПИ. В том случае ЖЦ КПИ имеет следующий вид (рис. 4):



Рис. 4. Жизненный цикл КПИ при их формировании по будущим проектам

В этом случае отсутствует этап доработки, но добавились очень важные (рисковые) для проектировщиков этапы: научно-исследовательские работы (НИР) и опытно-конструкторская разработка (ОКР).

Заключение

В работе решена задача формирования множества компонент повторного использования для повышения реализуемости проектов и минимизации риска, связанного с новыми проектными решениями.

Выделены два основных направления, которые позволяют обосновано подходить к формированию множества вариантов КПИ:

- анализ прошлых разработок;
- прогнозирование будущих заказов.

Предложенный подход целесообразно использовать в проектных организациях, связанных с созданием сложных наукоемких изделий, в случае постоянного выполнения большого портфеля заказов.

Литература

1. Bass L., Chastek G., Ciements P. Second Product Line Practice Workshop Report. – Software Engineering Institute, Pittsburgh, PA, CMU/SEI-98-TR-015, 1998. – 42 p.
2. Федорович О.Е., Некрасов А.Б., Плохов С.С. Применение компонент многократного использования в управлении проектами разработки новой техники // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи.* – 2005. – № 2 (10). – С. 104-107.
3. Федорович О.Е., Плохов С.С. Рискоориентированный подход к созданию информационных управляющих систем на базе компонент повторного использования // *Авиационно-космическая техника и технология.* – 2005. – № 5 (21). – С. 66-69.

Поступила в редакцию 8.12.2005

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