

УДК 681.311

О.Е. ФЕДОРОВИЧ, С.С. ПЛОХОВ

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

РИСКОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ КОМПОНЕНТ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Предлагается рискориентированный подход для анализа множества вариантов проектируемых ИУС. Для создания ИУС активно используются компоненты повторного использования. Вводится понятие риска «нового» и осуществляется его оценка. Для перечисления множества вариантов ИУС использована теория перечисления Пойа и Де Брейна.

компоненты повторного использования, рискориентированный подход к созданию сложных систем, перечисление множества вариантов проектируемых систем

Введение

При проектировании сложных (многоуровневых, распределенных, корпоративных и т.д.) информационных управляющих систем (ИУС) все больше используются аппаратно-программные компоненты, которые зарекомендовали себя в прежних разработках и поэтому могут быть привлечены в новые проекты путем адаптации и минимальной модификации. В проектных организациях создаются команды разработчиков, которые занимаются внедрением компонент повторного использования (КПИ), их унификацией, адаптацией и модификацией к новым проектам [1]. Очевидно, что риск, связанный с использованием новых элементов в проектах ИУС (назовем его риском «нового»), зависит от того, насколько эффективно и в каком количестве будут привлечены КПИ в новый проект. Отсюда вытекает актуальность проблемы анализа риска «нового» при построении ИУС на базе КПИ.

Постановка задачи. В данной работе проводится множественный анализ вариантов ИУС проектируемых на базе КПИ с рискориентированной оценкой каждого варианта. Компонентно-ориентированный состав ИУС, параллелизм и асинхронность при обработке отдельных программ контроля и управле-

ния, универсальность и специализация аппаратно-программных компонент приводит к тому, что обработка информации для одного и того же контролируемого процесса может осуществляться разнообразными сочетаниями способов, так что непосредственный анализ и сравнение вариантов разрабатываемой ИУС вручную становится труднодоступным. Поэтому актуальны методы, позволяющие автоматизировать формирование множества вариантов архитектуры ИУС, построенных на основе КПИ, проанализировать полученные варианты и оценить риск создания ИУС для каждого варианта.

Метод решения

Рассмотрим многослойную детализацию состава ИУС. Пусть определено число уровней детализации и выполняется условие $r_1 \leq r_1 \leq \dots \leq r_Q$, где r_i – максимально допустимое количество элементов i -го уровня $i = \overline{1, Q}$. Для начальных стадий проектирования ИУС известен возможный состав только компонент (модулей) самого нижнего Q -го уровня (обычно они являются КПИ). Обозначим это как $r_Q = n_Q$, где $n_Q = |B^Q|$, B^Q – множество исходных модулей

Q -го уровня детализации ИУС; $\sum_{\mu=1}^{l_Q} P_{\mu Q} = n_Q$; $P_{\mu Q}$ –

число элементов μ -го типа Q -го уровня, а элементы $(Q - 1)$ -го уровня образуются из элементов Q -го уровня путем отображения множества B^Q в R^{Q-1} , где R^{Q-1} – множество мест в компонентной архитектуре ИУС для элементов $(Q - 1)$ -го уровня, $r_{Q-1} = |R^{Q-1}|$.

Множество составов $(Q - 1)$ -го уровня является множеством всех отображений B^Q в R^{Q-1} .

Осуществляя процесс последовательных отображений множества элементов i -го уровня в множество элементов $(i - 1)$ -го уровня, получим множество составов ИУС для всех уровней детализации. Возможен случай использования компонент не только на нижнем Q -м уровне. Поэтому необходимо учитывать наличие этих дополнительных элементов. Для i -го уровня: $r_i = r_i' + n_i$, где n_i , – число готовых компонент (КПИ) i -го уровня; r_i' – число новых компонент i -го уровня, которые формируются из модулей (новых и КПИ) $i + 1, i + 2, \dots$ уровней.

Рассмотрим декомпозицию архитектуры ИУС. Пусть известна конфигурация структурных связей между элементами на каждом уровне декомпозиции ИУС. Представим эти связи в виде графа $G^i, i = \overline{1, Q}$, который является объединением подграфов

$$G^i = \bigcup_{ji} G_{ji}^i,$$

где G_{ji}^i – j -й подграф i -го уровня.

Задан состав элементов на Q -м уровне. Необходимо получить все варианты многоуровневой компонентной архитектуры ИУС.

Отобразим множество элементов B^Q в множество вершин графа G^Q таким образом, чтобы в каждой вершине графов было по одному элементу множества B^Q . Множество таких отображений определяет множество вариантов архитектуры T^Q для Q -го уровня декомпозиции ИУС. В результате получим множество помеченных подграфов M_{B^Q} , для каждого варианта отображений $t_{B^Q} \in T^Q$. Далее отобразим множество вершин графа G^{Q-1} во множество M_{B^Q} для всех t_{B^Q} . Осуществляя процесс последовательных отображений, получим все варианты многоуровневой архитектуры ИУС.

Возможен случай наличия множеств исходных элементов, из которых конструируются компоненты ИУС, на нескольких уровнях декомпозиции. Поэтому при отображениях необходимо учитывать множества помеченных подграфов M_{B^i} и множество исходных элементов $B^i, i = \overline{1, Q}$.

Модульность является обязательным атрибутом компонентно-ориентированных ИУС. Благодаря модульности обеспечивается стандартизация разработки связей, разнообразие архитектуры ИУС, возможность наращивания, перестройка на новые предметные области. В настоящее время существуют самые различные типы аппаратно-программных модулей в составе компонент ИУС: модули обработки, модули управления, модули интерфейса, модули связи с другими системами и т.д. Поэтому при проектировании разработчик имеет дело с множеством возможных вариантов ИУС. Проведем комбинаторный анализ компонентной архитектуры ИУС с использованием основных положений теории перечисления Пойа и Де Брейна [2].

Пусть многоуровневый состав ИУС образуется на основе объединения аппаратно-программных модулей в подсистемы (ПС), а ПС – в ИУС. Исходное множество аппаратно-программных модулей разобьем на три вида: компоненты повторного использования (КПИ); КПИ, которые необходимо модифицировать в рамках конкретного проекта ИУС (МКПИ); новые модули, которые необходимо разработать (НМ).

На основе мнений экспертов, а также с учетом опыта создания аппаратно-программных модулей, можно оценить риск использования каждого вида модулей при создании ИУС: α_1 – риск, связанный с использованием КПИ. Так как он минимальный, то $\alpha_1 \rightarrow 0$; α_2 – риск, связанный с модификацией КПИ и использованием МКПИ. В этом случае $0 < \alpha_2 \leq 0,5$; α_3 – риск, связанный с созданием и использованием новых модулей (он будет максимальным: $0,5 \leq \alpha_3 < 1$).

Вероятность создания ИУС с использованием каждого вида модулей будет соответственно равна:

$$\begin{aligned} P_{\alpha_1} &= 1 - \alpha_1, & (P_{\alpha_1} \rightarrow 1); \\ P_{\alpha_2} &= 1 - \alpha_2, & (0,5 \leq P_{\alpha_2} < 1); \\ P_{\alpha_3} &= 1 - \alpha_3, & (0 < P_{\alpha_3} \leq 0,5). \end{aligned}$$

Вероятность создания j -й подсистемы ИУС, состоящей из n_j различных модулей равна

$$P_j = P_{j_1} \cdot P_{j_2} \cdot \dots \cdot P_{n_j} = \prod_{k_j=1}^{n_j} P_{k_j},$$

где $P_{k_j} \in (P_{\alpha_1}, P_{\alpha_2}, P_{\alpha_3})$, $k_j = \overline{1, n_j}$.

Кроме риска использования модулей различного вида, введем риск, связанный с процессами интеграции компонент при создании каждой j -й подсистемы – $\alpha_{\Sigma j}$. Очевидно, что его величина зависит от того, насколько используются при создании ИУС различные виды компонент (КПИ, МКПИ, НМ), а также от общего количества модулей n_j в подсистеме. Соответственно, вероятность удачной интеграции j -й подсистемы будет равна $P_{\Sigma j} = 1 - \alpha_{\Sigma j}$.

Тогда вероятность создания j -й ПС ИУС, состоящей из n_j модулей, с учетом интеграции компонент,

$$P_j^* = P_{\Sigma j} \cdot P_j = P_{\Sigma n_j} \prod_{k_j=1}^{n_j} P_{k_j}.$$

Общая вероятность создания ИУС из r подсистем с учетом интеграции в систему равна

$$\begin{aligned} P_{ИУС} &= P_{S_r} \cdot P_1^* \cdot P_2^* \cdot \dots \cdot P_r^* = P_{S_r} P_{\Sigma n_1} \prod_{k_1=1}^{n_1} P_{k_1} \times \\ &\times P_{\Sigma n_2} \prod_{k_2=1}^{n_2} P_{k_2} \times \dots \times P_{\Sigma n_r} \prod_{k_r=1}^{n_r} P_{k_r} = P_{S_r} \prod_{j=1}^r (P_{n_j} \prod_{k_j=1}^{n_j} P_{k_j}), \end{aligned}$$

где P_{S_r} – вероятность интеграции всех r ПС в систему.

Пусть ИУС проектируется только из модулей одного вида (например, КПИ). Объединим модули в отдельные ПС. Обозначим число имеющихся модулей через n , а количество построенных с помощью КПИ подсистем – r . Из-за того, что модули одного вида (КПИ), возможна любая их перестановка в исходном множестве B . Таких перестановок – $n!$, поэтому на исходном множестве модулей действует симметрическая группа S_n . Множество модулей отобразим в множество ПС. Пусть нас интересует только состав ИУС без учета связей между отдельными ПС, потому на множестве ПС, которое обозначим

через R , $|R| = r$, также действует симметрическая группа S_r . Максимально возможное число ПС будет в случае $n = r$.

Допустим, необходимо найти всевозможные варианты построения ИУС на базе КПИ. Эта задача эквивалентна задаче разбиения числа n на не более, чем r частей. Тогда число вариантов [2] равно

$$\begin{aligned} K &= |H_R|^{-1} \sum_{h \in H_R} Z(H_B; \dots; \sum_{j/i} j C_i, \dots) = \\ &= \frac{1}{r!} \sum_{h \in S_r} Z(S_n; \dots; \sum_{j/i} j C_i, \dots), \end{aligned}$$

где $Z(H_B; \dots)$ – цикловой индекс группы подстановок H_B .

Для каждого i -го варианта ИУС, состоящей из r_i подсистем, построенного с помощью КПИ, можно оценить вероятность создания системы в виде:

$$\begin{aligned} P_{ИУС_i, КПИ} &= P_{S_{r_i}} \cdot P_1^* \cdot P_2^* \cdot \dots \cdot P_{r_i}^* = \\ &= P_{S_{r_i}} \cdot P_{\Sigma n_1} \cdot P_{\alpha_1}^{n_1} \cdot P_{\Sigma n_2} \cdot P_{\alpha_1}^{n_2} \cdot \dots \cdot P_{\Sigma n_{r_i}} \cdot P_{\alpha_1}^{n_{r_i}} = \\ &= P_{S_{r_i}} \prod_{k_i=1}^{n_{r_i}} P_{\Sigma n k_i} \cdot P_{\alpha_1}^{n_1 + n_2 + \dots + n_{r_i}}. \end{aligned}$$

По условию $n_1 + n_2 + \dots + n_{r_i} = n$, так как при создании ИУС используем все модули. Поэтому, вероятность создания i -го варианта ИУС, состоящей только из модулей КПИ, равна

$$P_{ИУС_i, КПИ} = P_{S_{r_i}} \prod_{k_i=1}^{n_{r_i}} P_{\Sigma n k_i} \cdot P_{\alpha_1}^n.$$

Аналогично получим вероятность создания i -го варианта ИУС, состоящего только из МКПИ:

$$P_{ИУС_i, МКПИ} = P_{S_{r_i}} \prod_{k_i=1}^{n_{r_i}} P_{\Sigma n k_i} \cdot P_{\alpha_2}^n.$$

Для создания ИУС только из новых модулей:

$$P_{ИУС_i, НМ} = P_{S_{r_i}} \prod_{k_i=1}^{n_{r_i}} P_{\Sigma n k_i} \cdot P_{\alpha_3}^n.$$

Определим количество вариантов состава ИУС при фиксированном числе ПС, $r \leq n$. Действие симметрической группы S_n на множестве B приводит к тому, что интересуемся только числом модулей. Поэтому отображение B в R можно заменить отображением R в множество $M = \{1, 2, \dots\}$ с ограничением

$$\sum_{K \in R} Y(K) = n,$$

где $Y(K)$ показывает, сколько модулей вошло в K -ую ПС (не менее одного).

Придадим элементам множества M веса $\omega^1, \omega^2, \omega^3, \dots$ и будем искать классы эквивалентности с весом ω^n [2]:

$$Z(S_r; \omega + \omega^2 + \omega^3 + \dots, \omega^2 + \omega^4 + \omega^6 + \dots, \dots).$$

Необходимо найти коэффициент при ω^n в данном разложении.

Пусть ИУС строится из трех видов модулей (КПИ, МКПИ, НМ). Общее число модулей $n = \sum_{\mu=1}^3 P_{\mu}$, где P_{μ} – число модулей μ -го типа.

Тогда на исходном множестве модулей B действует сумма симметрических групп

$$H_B = S_{p_1} + S_{p_2} + S_{p_3},$$

а на множестве ПС действует, как и в предыдущем случае, – S_r . Допустим, необходимо определить всевозможные варианты построения ИУС. Тогда, в соответствии с [2], получим

$$\begin{aligned} K &= |H_R|^{-1} \sum_{h \in H_R} Z(H_B; \dots, \sum_{j/i} jC_j) = \\ &= \frac{1}{r!} \sum_{h \in S_r} Z(S_{p_1} + S_{p_2} + S_{p_3}; \dots, \sum_{j/i} jC_j, \dots). \end{aligned}$$

По этой формуле можно найти количество вариантов ИУС, содержащей r и менее ПС.

Определим количество возможных вариантов построения ИУС при заданном числе ПС $r \leq n$. С помощью предыдущей формулы перечисляются варианты состава ИУС, начиная с r ПС и кончая одной. Если взять $r - 1$ ПС, то будем считать число вариантов для $r - 1, r - 2, \dots, 1$ ПС. Поэтому для определения числа вариантов состава ИУС с r ПС необходимо найти разность

$$\begin{aligned} K &= K_r - K_{r-1} = \\ &= \frac{1}{r!} \sum_{h \in S_r} Z(S_{p_1} + S_{p_2} + S_{p_3}; \dots, \sum_{j/i} jC_j, \dots) - \\ &- \frac{1}{(r-1)!} \sum_{h \in S_{r-1}} Z(S_{p_1} + S_{p_2} + S_{p_3}; \dots, \sum_{j/i} jC_j, \dots). \end{aligned}$$

Пусть для каждой j -й подсистемы состав формируется из модулей трех видов (КПИ, МКПИ, НМ):

$$n_j = n_{j_1} + n_{j_2} + n_{j_3} = \sum_{j_q=1}^3 n_{j_q},$$

где $0 \leq n_{j_q} < n_j$.

Тогда вероятность создания j -й подсистемы без учета интеграции

$$P_j = P_{\alpha_1}^{n_{j_1}} \cdot P_{\alpha_2}^{n_{j_2}} \cdot P_{\alpha_3}^{n_{j_3}}.$$

С учетом интеграции модулей в j -ую ПС:

$$P_j^* = P_{\sum n_j} \cdot P_{\alpha_1}^{n_{j_1}} \cdot P_{\alpha_2}^{n_{j_2}} \cdot P_{\alpha_3}^{n_{j_3}}.$$

Для i -го варианта ИУС, состоящей из r_i подсистем, построенного на базе различных модулей:

$$\begin{aligned} P_{ИУС_i} &= P_{S_{r_i}} \cdot P_{\sum n_i} \cdot P_{\alpha_1}^{n_{i,j_1}} \cdot P_{\alpha_2}^{n_{i,j_2}} \cdot P_{\alpha_3}^{n_{i,j_3}} \times \\ &\times P_{\sum n_{r_i}} \cdot P_{\alpha_1}^{n_{2,j_1}} \cdot P_{\alpha_2}^{n_{2,j_2}} \cdot P_{\alpha_3}^{n_{2,j_3}} \times \dots \\ &\times P_{\sum n_{r_i}} \cdot P_{\alpha_1}^{n_{r,j_1}} \cdot P_{\alpha_2}^{n_{r,j_2}} \cdot P_{\alpha_3}^{n_{r,j_3}} = \\ &= P_{S_{r_i}} \prod_{k_i=1}^{n_{r_i}} P_{\sum n_{k_i}} \cdot P_{\alpha_1}^{n_{1,j_1}+n_{2,j_1}+\dots+n_{r,j_1}} \times \\ &\times P_{\alpha_2}^{n_{1,j_2}+n_{2,j_2}+\dots+n_{r,j_2}} \cdot P_{\alpha_3}^{n_{1,j_3}+n_{2,j_3}+\dots+n_{r,j_3}}. \end{aligned}$$

Выводы

Предложенный подход целесообразно применять в управлении проектами разработки новой техники, когда разработчики ориентированы на компонентный подход и пользуются предыдущим опытом в виде компонент повторного использования.

Литература

1. 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.
2. Де Брейн Н. Теория перечисления Пойа // *Прикладная комбинаторная математика*. – М.; Мир, 1979. – С. 61 – 107.

Поступила в редакцию 30.06.2005

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