

УДК 681.322

Н.В. ЗАМИРЕЦ, В.А. ЩЕГОЛЬ

Научно-исследовательский технологический институт приборостроения, Украина

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА СОЗДАНИЕ КОМПОНЕНТОЙ АРХИТЕКТУРЫ КОСМИЧЕСКОГО ИЗДЕЛИЯ

Осуществлена постановка задачи оптимизации затрат, связанных с созданием компонентной архитектуры сложной космической техники. Выделены типы компонент (новые, повторного использования, смешанные и др.). В зависимости от состава компонент в компонентной архитектуре определяются затраты на проект создания нового космического изделия (КИ). Предложены критерии оптимизации затрат (создание КИ, модификация и адаптация компонент, приобретение компонент и др.). В качестве ограничений выступают: сроки реализации проекта, количество инновационных компонент и др. Построена оптимизационная модель, в которой используются предложенные критерии и ограничения, в виде модели цело численного линейного программирования с использованием булевых переменных.

компонентная архитектура, проект создания новой космической техники, компоненты повторного использования

Введение

Использование компонентного подхода [1] позволяет оптимизировать затраты, связанные с созданием сложных космических изделий (КИ). Необходимо отметить, что новые компоненты (НК) обеспечивают инновационность проекта, его конкурентоспособность, но требуют ощутимых финансовых затрат и времени на создание НК с учетом длительного жизненного цикла (ЖЦ), что может повлиять на итоговые оценки проекта и его реализуемость.

В работе рассматривается решение актуальной задачи оптимизации затрат при создании компонентной архитектуры КИ.

Постановка задачи исследования. Применение компонент повторного использования (КПИ) снижает риск проекта, финансовые и временные затраты, но требует дополнительных затрат, связанных с модификацией и адаптацией КПИ к условиям нового проекта. Кроме того, исполнитель проекта зачастую приобретает «внешние» КПИ (ВКПИ), которые используют в проекте создания КИ, что требует выделения соответствующих финансовых ресурсов [2].

Возможен дополнительный доход от реализации сторонним организатором лицензий и документации по КПИ и НК, которые будут использованы и созда-

ны в процессе выполнения проекта. Поэтому исполнитель должен учитывать как затраты, так и возможный дополнительный доход от реализации лицензий по созданным КПИ и НК. Все это привело к необходимости создания оптимизационной модели, в которой затраты и доходы в одних постановках будут выступать в качестве целевых функций, а в других – в качестве ограничений.

Решение задачи исследования

Сформируем критериальные представления затрат и доходов, связанных с созданием КИ:

1. L – количество компонент, которые должны быть использованы при создании КИ:

$$L=L_1+L_2+L_3,$$

где L_1 – количество КПИ; L_2 – количество НК; L_3 – количество ВКПИ.

2. Затраты, связанные с адаптацией и модификацией КПИ, созданием НК и приобретением ВКПИ:

$$B = B_1 + B_2 + B_3,$$

где B_1 – затраты на адаптацию и модификацию КПИ; B_2 – затраты на создание НК; B_3 – затраты на приобретение ВКПИ.

3. Временные затраты, связанные с модификацией КПИ и созданием НК:

$$\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2,$$

где ΔT_1 – время на модификацию и адаптацию КПИ; ΔT_2 – время на создание НК.

4. Доход от продаж лицензий и документации по созданным компонентам проекта:

$$R = R_1 + R_2,$$

где R_1 – доход от продаж лицензий по КПИ; R_2 – доход от продаж лицензий по НК.

С учетом перечисленных критериев затрат и дохода, введем булевые переменные для задачи оптимизации затрат при создании КИ:

x_{i_k} – булева переменная, связанная с использованием i -й КПИ в k -й подсистеме КИ:

$$x_{i_k} = \begin{cases} 0; \\ 1; \end{cases}$$

x_{e_k} – булева переменная, связанная с созданием e -й НК в k -й подсистеме КИ:

$$x_{e_k} = \begin{cases} 0; \\ 1; \end{cases}$$

x_{j_k} – булева переменная, связанная с приобретением j -й ВКПИ для k -й подсистемы КИ:

$$x_{j_k} = \begin{cases} 0; \\ 1. \end{cases}$$

Представим целевые функции для оптимизации затрат, связанных с использованием различных компонент в проекте создания КИ:

1. Целевая функция, которая характеризует разнообразие компонентного состава создаваемого КИ:

$$\begin{aligned} L &= L_1 + L_2 + L_3 = \\ &= \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^{l_k} x_{j_k}. \end{aligned}$$

2. Целевая функция финансовых затрат на модификацию КПИ, создание новых компонент (НК) и приобретение ВКПИ:

$$\begin{aligned} B &= B_1 + B_2 + B_3 = \\ &= \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} \cdot b_{i_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} \cdot b_{e_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^{l_k} x_{j_k} \cdot b_{j_k}. \end{aligned}$$

где b_{i_k} – затраты на адаптацию (модификацию) i -й

КПИ в k -й подсистеме КИ; b_{e_k} – затраты на создание e -й НК для k -й подсистемы КИ; b_{j_k} – затраты на приобретение j -й ВКПИ для k -й подсистемы КИ.

3. Целевая функция временных затрат, связанных с модификацией КПИ и созданием НК для проекта КИ:

$$\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2 = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} \Delta t_{i_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} \Delta t_{e_k},$$

где Δt_{i_k} – затраты времени на модификацию i -й КПИ для k -й подсистемы КИ; Δt_{e_k} – затраты времени на создание e -й НК в составе k -й подсистемы КИ.

4. Целевая функция дохода от продажи лицензий и документации по КПИ и созданным НК:

$$R = R_1 + R_2 = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} r_{i_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} r_{e_k},$$

где r_{i_k} – доход от продажи лицензий и документации по i -й КПИ, которая была использована в k -й подсистеме КИ; r_{e_k} – доход от продажи лицензий и документации по e -й НК, которая была создана для k -й подсистемы КИ.

Возможные ограничения в задачах оптимизации затрат на создание КИ представим в виде:

L^* – потребное количество компонент в проекте создания КИ:

$$L^* = \sum_{k=1}^N L_k^*,$$

где L_k^* – потребное количество компонент для k -й подсистемы КИ; B^* – максимально допустимые расходы, связанные с модификацией КПИ, созданием НК и приобретением ВКПИ; ΔT^* – максимально допустимое время, связанное с удлинением времени проекта из-за модификаций (адаптации) КПИ и созданием НК для проекта КИ.

Сформулируем следующие возможные постановки задачи оптимизации затрат, связанных с созданием компонентной архитектуры космического изделия.

1. Минимизировать расходы, связанные с созданием компонентной архитектуры КИ:

$$\min B;$$

$$B = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} \cdot b_{i_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} \cdot b_{e_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^{l_k} x_{j_k} \cdot b_{j_k},$$

с учетом ограничений по количеству компонент и затрат времени, связанных с модификацией КПИ и созданием НК:

$$L_k = \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} + \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} + \sum_{j=1}^{l_k} x_{j_k};$$

$$L_k = L_k^*; \quad \sum_{k=1}^N L_k^* = L^*; \quad \Delta T \leq \Delta T^*;$$

$$\Delta T = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} \Delta t_{i_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} \Delta t_{e_k}.$$

2. Минимизировать расходы, связанные с созданием НК в составе архитектуры КИ:

$$\min B_2;$$

$$B_2 = \sum_{k=1}^N \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} \cdot b_{e_k},$$

с учетом ограничений по требуемому количеству компонент L^* :

$$L_k = \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} + \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} + \sum_{j=1}^{l_k} x_{j_k};$$

$$L_k = L_k^*; \quad \sum_{k=1}^N L_k^* = L^*,$$

и времени $\Delta T \leq \Delta T^*$;

$$\Delta T = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} \Delta t_{i_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} \Delta t_{e_k}.$$

3. Минимизировать расходы, связанные с покупкой ВКПИ для проекта КИ:

$$\min B_3;$$

$$B_3 = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^{l_k} x_{j_k} \cdot b_{j_k},$$

с учетом ограничений по требуемому количеству компонент:

$$L_k = \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} + \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} + \sum_{j=1}^{l_k} x_{j_k};$$

$$L_k = L_k^*; \quad \sum_{k=1}^N L_k^* = L^*$$

и времени $\Delta T \leq \Delta T^*$;

$$\Delta T = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} \Delta t_{i_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} \Delta t_{e_k}.$$

4. Максимизировать доход, связанный с продажей лицензий и документации по КПИ и НК:

$$\max R;$$

$$R = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} r_{i_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} r_{e_k},$$

с учетом ограничений по затратам:

$$B \leq B^*;$$

$$B = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} \cdot b_{i_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} \cdot b_{e_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^{l_k} x_{j_k} \cdot b_{j_k}$$

и времени на создание компонентной архитектуры КИ:

$$\Delta T \leq \Delta T^*;$$

$$\Delta T = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_k} \Delta t_{i_k} + \sum_{k=1}^N \sum_{e=1}^{q_k} x_{e_k} \Delta t_{e_k}.$$

Заключение

Предложенный метод оптимизации затрат позволяет на начальных этапах формирования компонентной архитектуры определить необходимое количество КПИ, НК и ВКПИ в составе выполняемого проекта создания космического изделия.

Литература

1. Brown A. Large Scale Component-Based Development // Prentice Hall. – 2000. – 285 p.
2. Федорович О.Е., Некрасов А.Б., Плохов С.С. Применение компонент многократного использования в управлении проектами новой техники // Радиоэлектронні та комп'ютерні системи. – 2005. – № 2 (10). – С. 104-107.

Поступила в редакцию 12.03.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.