

Розглянуто задачу розробки методів формування представлень функціональних вимог до інформаційної системи на рівні знань. Розроблені методи дозволяють створювати знання-орієнтовані моделі вимог до інформаційної системи. Ці моделі можуть служити базою для формування раціонального опису архітектури створюваної інформаційної системи

Ключові слова: інформаційна система, функціональні вимоги, патерни проектування, фрейм, інтерфейс, зв'язок

Рассмотрена задача разработки методов формирования представлений функциональных требований к информационной системе на уровне знаний. Разработанные методы позволяют создавать знание-ориентированные модели требований к информационной системе. Эти модели могут служить базой для формирования рационального описания архитектуры создаваемой информационной системы

Ключевые слова: информационная система, функциональные требования, паттерны проектирования, фрейм, интерфейс, связь

УДК 044.03; 658.11.05.06

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.47535

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СФОРМУЛИРОВАННОГО ТРЕБОВАНИЯ К ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ НА УРОВНЕ ЗНАНИЙ

М. В. Евланов

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра информационных управляющих систем
Харьковский национальный
университет радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166
E-mail: iyc@kture.kharkov.ua

1. Введение

Сложившаяся в настоящее время ориентация компьютерных наук и программной инженерии на стандартизацию наиболее успешных практик имеет как свои плюсы, так и серьезные минусы. Несомненным плюсом является то, что собираемый и обобщаемый таким образом успешный опыт выполнения различных работ на разных стадиях жизненного цикла программных продуктов гораздо легче доводится до конкретных разработчиков подобных систем, программистов-прикладников, аналитиков и менеджеров IT-проектов. Однако серьезным минусом является то, что и создатели, и потребители подобных стандартов проявляют тенденцию замыкаться только на практической стороне проблемы. Так, успешные практики, становясь самоцелью, зачастую не позволяют принять решение о возможности их применения в других частично отличающихся условиях или для построения информационной системы (ИС) или программного продукта, лишь частично отличающихся от ранее разработанных решений. Особенно сильно этот недостаток проявляется в наименее формализованной области разработки ИС и программных продуктов – процессах формирования и анализа требований к создаваемой системе.

В настоящее время описания процессов формирования и анализа требований к создаваемой системе задекларированы в стандартах ISO/IEC 15288:2002 и 12207:2008 [1, 2]. Однако эти описания являются максимально обобщенными, а для их реализации при раз-

работке ИС и программных продуктов требуется создание специальных архитектурных фреймворков. В качестве такого фреймворка чаще всего рассматривается британская методология разработки ИС SSADM [3]. Однако в результате анализа этих процессов в [4] было показано, что решение задачи создания архитектуры ИС до сих пор носит интуитивный характер и является одним из основных факторов, замедляющих (а в некоторых случаях – и срывающих) проект создания ИС. Следует также отметить, что методология SSADM как пример архитектурного фреймворка создания ИС практически не рассматривает подобную задачу, что отрицательно сказывается на ее применении при разработке конкретных ИС.

2. Анализ особенностей формального представления требований к информационной системе

Следует признать, что до сих пор не существует единого подхода не только к формальному описанию требований, но и к классификации требований и даже к определению самого понятия «требование к системе». Так, базовым определением данного понятия считаются определения, впервые задекларированные в стандарте IEEE 610.12-1990 [5]. Данные определения до сих пор считаются рядом специалистов основным определением понятия «требование» в программной инженерии. Например, в [6] отмечается, что данные определения, точнее – два первых из них,

являются вполне приемлемыми общими определениями понятия «требование». Однако большинство исследователей склонны формулировать собственные определения понятия «требование к системе» или модифицировать приведенное выше определение [7, 8].

Поэтому основное внимание в настоящее время сосредотачивается на разработке методов, позволяющих создавать и обрабатывать формальные модели требований к системе. Например, в [9] показано применение разработанного метода для анализа требований к ERP-ИС. В [10] рассматриваются вопросы создания и применения метода для сценарно-основанного анализа требований к системе. В [11] рассматривается применение процессной модели для выявления требований к специализированной ИС выявления и обработки знаний из бизнес-информации. Проблема автоматизации работ по формализации требований к ИС рассматривается в [12].

Однако анализ подобных исследований показывает, что проблема преобразования неформальных потребностей в формальные модели требований решается в них преимущественно на концептуальном уровне [13]. Поэтому проверить подобные методы на практике представляется чрезвычайно затруднительным из-за отсутствия формальных описаний элементов данной проблемы.

В поисках способов формального описания требований в настоящее время изучается применение моделей и методов добычи знаний из описаний потребностей и требований к системе. Один из вариантов формализации предметной области корпоративных ИС путем семантического моделирования рассматривается в [14]. В [15] рассматривается вопрос применения методов добычи знаний для преобразования высказываемых потребностей в описания требований к ИС в здравоохранении. Однако подобные работы также отличаются минимальным уровнем формализации описываемых моделей требований к системе и методов формирования и анализа этих требований.

В целом же следует признать, что к настоящему времени проблема формального описания требований, методов их формирования и анализа – в том числе и на уровне добываемых из требований знаний – не имеет приемлемого решения.

3. Цель и задачи исследования

В качестве подхода к решению проблемы формального описания требований, методов их формирования и анализа предлагается использовать рассмотренный в [4] сервисный подход к созданию ИС и созданные на его основе модели паттернов проектирования требований к ИС. Эти модели позволяют устанавливать взаимно-согласованную структуру формальных описаний (представлений) требований на уровнях данных, информации и знаний.

Основываясь на предлагаемом подходе, целью данной работы является разработка методов формирования представлений функциональных требований к ИС на уровне знаний.

Для достижения данной цели в статье рассматривается решение следующих задач:

– разработка метода формирования представления i -го функционального требования к ИС на уровне знаний отдельного участника автоматизируемого процесса как представителя Потребителя ИТ-услуг (далее – Потребителя);

– разработка метода формирования представления i -го функционального требования к ИС на уровне знаний Потребителя;

– разработка метода формирования представления i -го функционального требования к ИС на уровне знаний Поставщика ИТ-услуг (далее – Поставщика);

– разработка метода формирования общесистемного представления i -го функционального требования к ИС на уровне знаний.

4. Материалы и методы формирования исходных данных для создания представлений функциональных требований к информационной системе на уровне знаний

В соответствии с предложенной в [4] моделью универсума требований к ИС $M_{U_{tr}}$ множество сформулированных требований к ИС может быть получено различными способами, которые могут быть в общем случае сведены к следующим вариантам:

а) формирование требований к ИС Потребителем и последующее согласование этих требований с Поставщиком;

б) формирование требований к ИС Поставщиком и последующее согласование этих требований с Потребителем;

в) параллельное формирование требований к ИС Поставщиком и Потребителем с последующим согласованием этих требований заинтересованными сторонами.

Применение модели паттернов проектирования требований к ИС M_{IS}^{Pt} [16] ко всему универсуму требований к ИС позволяет утверждать, что в рамках процессов непосредственной работы с требованиями к ИС и Поставщик, и Потребитель используют один и тот же аппарат формального представления требований к ИС на уровнях данных, информации и знаний. Это, в свою очередь, позволяет описать работы по формированию множества сформулированных требований к ИС IDEF3-диаграммой, показанной на рис. 1.

Такое представление работ по созданию множества сформулированных требований к ИС позволяет выделить следующие виды представлений отдельного требования к ИС на уровне знаний:

а) представление требования к ИС на уровне знаний с точки зрения Потребителя K_i^{trv} как объединение версий данного требования, отражающих точки зрения различных участников автоматизируемого процесса $K_i^{tr}(U_{st_k})$, заинтересованных в создании ИС;

б) представление требования к ИС на уровне знаний с точки зрения Поставщика K_i^{trp} как совокупность знаний о возможности повторного использования в данной ИС ИТ-сервисов, реализующих аналогичные требования в ранее выполненных ИТ-проектах;

в) представление требования к ИС на уровне знаний $K_i^{tr} \in K_{IS}^{tr}$, $K_{IS}^{tr} = [K_1^{tr}, K_2^{tr}, \dots, K_n^{tr}]$, сформулированное в результате согласования точек зрения Потребителя и Поставщика.

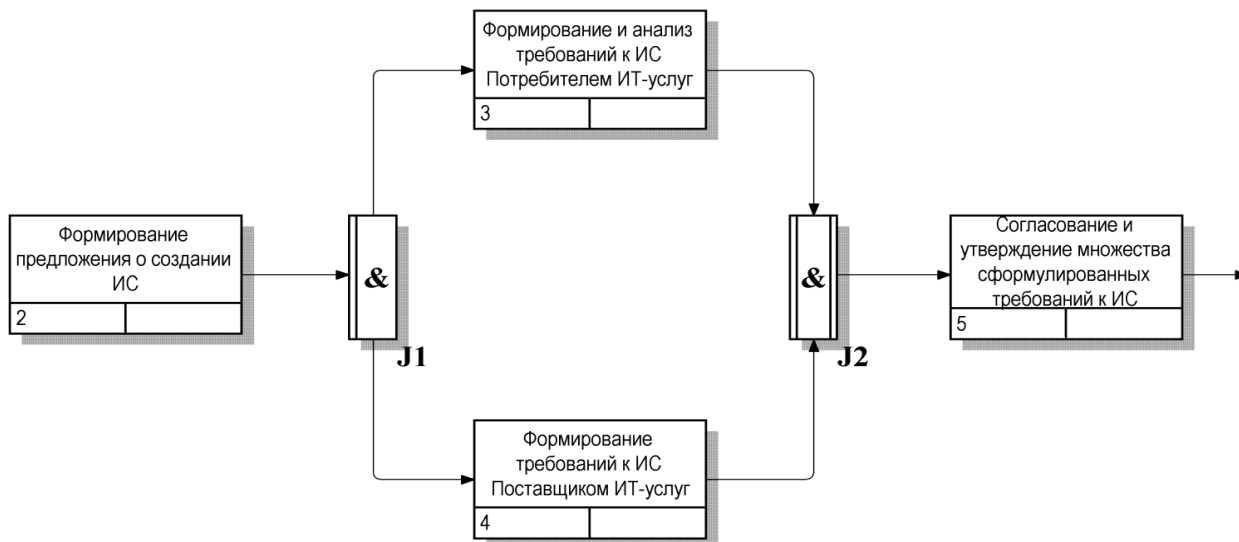


Рис. 1. IDEF3-диаграмма организации работ по созданию множества сформулированных требований к информационной системе на основе общего для Поставщика и Потребителя аппарата формального представления требований

Основой для формирования представлений требований к ИС на уровне знаний являются представления данных требований на уровне информации. Эти представления, как показано в [4], формируются на основе публикаций требований к ИС. Метод формирования представлений требований к ИС на уровне информации в общем случае состоит из следующих этапов.

Этап 1. Формирование публикации i -го требования к ИС (или его версии).

Этап 2. Формирование описания $I_{ij}^{r_publ}$ публикации i -го требования к ИС (или его версии), структура которого определяется соответствующим паттерном.

Этап 3. Формирование множества описаний $\{I_{ij}^{r_kn_st}\}$ представителя заинтересованной стороны (Потребителя или Поставщика), как источника i -го требования к ИС (или его версии), структура которого определяется соответствующим паттерном.

Этап 4. Формирование множества описаний $\{I_{ij}^{r_kn_eobj}\}$ внешних по отношению к процессам i -го требования к ИС (или его версии) объектов, непосредственно участвующих в выполнении процессов и присутствующих в публикации этого требования к ИС (или его версии), структура которых определяется соответствующим паттерном.

Этап 5. Формирование множества описаний $\{I_{ij}^{r_kn_dst}\}$ структур данных, присутствующих в публикации i -го требования к ИС (или его версии), структура которых определяется соответствующим паттерном.

Этап 6. Формирование множества описаний $\{I_{ij}^{r_kn_proc}\}$ процессов, присутствующих в публикации i -го требования к ИС (или его версии), структура которых определяется соответствующим паттерном.

Этап 7. Формирование общего представления i -го требования к ИС (или его версии) на уровне информации

$$I_i^r = I_{ij}^{r_publ} \cup \{I_{ij}^{r_kn_st}\} \cup \{I_{ij}^{r_kn_eobj}\} \cup \{I_{ij}^{r_kn_dst}\} \cup \{I_{ij}^{r_kn_proc}\}. \quad (1)$$

Завершение работы метода.

Данный метод универсален и может применяться для формирования представлений требований к ИС с

точки зрения отдельного участника автоматизируемого процесса как представителя Потребителя, а также с обобщенной точки зрения Поставщика.

5. Результаты разработки методов формирования представлений функциональных требований к информационной системе на уровне знаний

Результаты выполнения метода формирования представлений требований к ИС на уровне информации являются исходными данными для группы методов формирования представлений требования к ИС на уровне знаний. Данная группа состоит из следующих методов:

а) метод формирования представления i -го функционального требования к ИС на уровне знаний $K_i^f(U_{st_k})$ отдельного участника st_k автоматизируемого процесса как представителя Потребителя;

б) метод формирования представления i -го функционального требования к ИС на уровне знаний K_i^{fu} Потребителя;

в) метод формирования представления i -го функционального требования к ИС на уровне знаний K_i^{fp} Поставщика;

г) метод формирования общесистемного представления i -го функционального требования к ИС на уровне знаний K_i^{fs} .

В общем случае формальное описание представления i -го функционального требования к ИС на уровне знаний t_i^f определяется соответствующими паттернами [4] и представляет собой множество кортежей следующего вида:

$$K_i^f = \{ \langle d_n^{ij}, \{ \langle d_{el_fr}^{ij}, d_{el_fr_t}^{ij} \rangle \}, \langle d_g^{ij}, \{ \langle d_{el_if}^{ij}, d_{el_if_t}^{ij} \rangle \} \rangle, \langle d_{fr_rel_n}^{ij}, \{ \langle d_{el_fr_rel}^{ij}, d_{el_fr_rel_t}^{ij} \rangle \} \rangle \}, \quad (2)$$

где d_n^{ij} – описание наименования фрейма; $d_{el_fr}^{ij}$ – описание элемента фрейма; $d_{el_fr_t}^{ij}$ – описание типа элемента фрейма; d_g^{ij} – описание наименования интер-

фейса; $d_{el_if}^{ij}$ – описание элемента интерфейса; $d_{el_if_t}^{ij}$ – описание типа элемента интерфейса; $d_{fr_rel_n}^{ij}$ – описание наименования связи между интерфейсами и/или фреймами; $d_{el_fr_rel}^{ij}$ – описание элемента связи; $d_{el_fr_rel_t}^{ij}$ – описание типа элемента связи.

При этом между элементами представления (2) существуют следующие отношения принадлежности:

а) отношение принадлежности элементов фрейма конкретному фрейму, имеющее вид

$$F_{\langle d_{el_fr}^{ij}, d_{el_fr_t}^{ij} \rangle}^{d_n^{ij}} : \begin{cases} D_n^i \rightarrow 2^{\langle d_{el_fr}^{ij}, d_{el_fr_t}^{ij} \rangle}; \\ d_n^{ij} \rightarrow \langle d_{el_fr}^{ij}, d_{el_fr_t}^{ij} \rangle; \end{cases} \quad (3)$$

где D_n^i – множество описаний наименований фреймов, характеризующих концепты ПрО с точки зрения отдельного участника st_k автоматизируемого процесса; $2^{\langle d_{el_fr}^{ij}, d_{el_fr_t}^{ij} \rangle}$ – булеан (множество всех подмножеств) подмножества $\langle d_{el_fr}^{ij}, d_{el_fr_t}^{ij} \rangle$, описывающий возможное содержание фреймов с множеством описаний наименований D_n^i ; $\langle d_{el_fr}^{ij}, d_{el_fr_t}^{ij} \rangle$ – подмножество описаний элементов и их типов фрейма с наименованием d_n^{ij} ;

б) отношение принадлежности элементов интерфейса конкретному интерфейсу, имеющее вид

$$F_{\langle d_{el_if}^{ij}, d_{el_if_t}^{ij} \rangle}^{d_g^{ij}} : \begin{cases} D_g^i \rightarrow 2^{\langle d_{el_if}^{ij}, d_{el_if_t}^{ij} \rangle}; \\ d_g^{ij} \rightarrow \langle d_{el_if}^{ij}, d_{el_if_t}^{ij} \rangle; \end{cases} \quad (4)$$

где D_g^i – множество описаний наименований интерфейсов, характеризующих концепты ПрО с точки зрения отдельного участника st_k автоматизируемого процесса; $2^{\langle d_{el_if}^{ij}, d_{el_if_t}^{ij} \rangle}$ – булеан подмножества $\langle d_{el_if}^{ij}, d_{el_if_t}^{ij} \rangle$, описывающий возможное содержание интерфейсов с множеством описаний наименований D_g^i ; $\langle d_{el_if}^{ij}, d_{el_if_t}^{ij} \rangle$ – подмножество описаний элементов и их типов интерфейса с наименованием d_g^{ij} ;

в) отношение принадлежности элементов связи конкретной связи, имеющее вид

$$F_{\langle d_{el_fr_rel}^{ij}, d_{el_fr_rel_t}^{ij} \rangle}^{d_{fr_rel_n}^{ij}} : \begin{cases} D_{fr_rel_n}^i \rightarrow 2^{\langle d_{el_fr_rel}^{ij}, d_{el_fr_rel_t}^{ij} \rangle}; \\ d_{fr_rel_n}^{ij} \rightarrow \langle d_{el_fr_rel}^{ij}, d_{el_fr_rel_t}^{ij} \rangle; \end{cases} \quad (5)$$

где $D_{fr_rel_n}^i$ – множество описаний наименований связей между интерфейсами и/или фреймами, характеризующими концепты ПрО с точки зрения отдельного участника st_k автоматизируемого процесса; $2^{\langle d_{el_fr_rel}^{ij}, d_{el_fr_rel_t}^{ij} \rangle}$ – булеан подмножества $\langle d_{el_fr_rel}^{ij}, d_{el_fr_rel_t}^{ij} \rangle$, описывающий возможное содержание описаний связей с множеством описаний наименований $D_{fr_rel_n}^i$; $\langle d_{el_fr_rel}^{ij}, d_{el_fr_rel_t}^{ij} \rangle$ – подмножество описаний элементов и их типов связи с наименованием $d_{fr_rel_n}^{ij}$.

Тогда метод формирования представления i -го функционального требования к ИС на уровне знаний $K_i^f(U_{st_k})$ отдельного участника st_k автоматизируемого процесса будет состоять из следующих этапов.

Этап 1. Выделить из множества $\{I_{ij}^{r_kn_dst}\}$ ранее не рассматривавшийся элемент $I_{ij}^{r_kn_dst}$.

Этап 2. Выполнить операцию формирования множества фреймов, описывающих выделенную структуру данных

$$d_{str}^{ij}(U_{st_k}) = d_{str}^{ij}, \quad (6)$$

где d_{str}^{ij} – значение атрибута, идентифицирующего j -ую структуру данных i -го функционального требования к ИС.

Этап 3. Для каждого элемента подмножества $\langle d_{attr}^{ij}, d_{attr_t}^{ij} \rangle$, для которого выполняется условие

$$\langle d_{attr}^{ij}, d_{attr_t}^{ij} \rangle \in I_{ij}^{r_kn_dst} \neq \emptyset, \quad (7)$$

где d_{attr}^{ij} – значение атрибута, идентифицирующего атрибут j -й структуры данных i -го функционального требования к ИС; $d_{attr_t}^{ij}$ – значение атрибута, идентифицирующего тип атрибута j -й структуры данных i -го функционального требования к ИС; выполнить операцию формирования описания атрибутов фреймов

$$\langle d_{el_fr}^{ij}(U_{st_k}), d_{el_fr_t}^{ij}(U_{st_k}) \rangle = \langle d_{attr}^{ij}, d_{attr_t}^{ij} \rangle, \quad (8)$$

и установить для подмножества

$$\langle d_{el_fr}^{ij}(U_{st_k}), d_{el_fr_t}^{ij}(U_{st_k}) \rangle$$

отношение принадлежности (3), после чего перейти к Этапу 5. В противном случае перейти к Этапу 4.

Этап 4. В диалоговом режиме для каждого $d_n^{ij}(U_{st_k})$ сформировать подмножество $\langle d_{el_fr}^{ij}(U_{st_k}), d_{el_fr_t}^{ij}(U_{st_k}) \rangle$ и установить для этого подмножества отношение принадлежности (3).

Этап 5. Исключить элемент $I_{ij}^{r_kn_dst}$ из множества $\{I_{ij}^{r_kn_dst}\}$. Если выполняется условие $\{I_{ij}^{r_kn_dst}\} \neq \emptyset$, то перейти к Этапу 1. В противном случае перейти к Этапу 6.

Этап 6. В диалоговом режиме для каждого фрейма

$$\langle d_n^{ij}(U_{st_k}), \langle d_{el_fr}^{ij}(U_{st_k}), d_{el_fr_t}^{ij}(U_{st_k}) \rangle \rangle$$

установить наличие или отсутствие связей с другими фреймами, сформированными в результате выполнения операций (6) и (8). Если наличие связи подтверждается, то сформировать описание связи $\langle d_{fr_rel}^{ij}(U_{st_k}), \langle d_{el_fr_rel}^{ij}(U_{st_k}), d_{el_fr_rel_t}^{ij}(U_{st_k}) \rangle \rangle$ и установить для этого описания отношение принадлежности (5).

Этап 7. Сформировать k -е представление i -го функционального требования к ИС на уровне знаний $K_i^f(U_{st_k})$ в результате выполнения операции

$$K_i^f(U_{st_k}) = \sum_{j=1}^{r_{fr}} \langle d_n^{ij}(U_{st_k}), \langle d_{el_fr}^{ij}(U_{st_k}), d_{el_fr_t}^{ij}(U_{st_k}) \rangle \rangle + \sum_{j=1}^{r_{rel}} \langle d_{fr_rel}^{ij}(U_{st_k}), \langle d_{el_fr_rel}^{ij}(U_{st_k}), d_{el_fr_rel_t}^{ij}(U_{st_k}) \rangle \rangle, \quad (9)$$

где r_{fr} – количество фреймов, сформированных в результате выполнения Этапов 2–5; r_{rel} – количество связей, сформированных в результате выполнения Этапа 6.

Результатом выполнения данного метода является представление i -го функционального требова-

ния $K_i^f(U_{st_k})$, отражающее точку зрения отдельного участника автоматизируемого процесса. Данное представление является знание-ориентированной моделью, аналогичной (2), и описывает знания отдельного участника об автоматизируемом процессе, которые извлечены из описания i-го функционального требования с применением рассмотренного выше метода.

Метод формирования представления i-го функционального требования к ИС на уровне знаний K_i^{tr} Потребителя выполняется после формирования множества представлений данного требования $K_i^f(U_{st_k})$ всех участников автоматизируемого процесса, выдвинувших свои версии данного требования, и состоит из следующих этапов.

Этап 1. Выделить множество представлений i-го функционального требования к ИС на уровне знаний отдельных участников автоматизируемого процесса $\{K_i^f(U_{st_k})\}$.

Этап 2. Для каждого фрейма

$$\langle d_n^{ia}(U_{st_k}), \{ \langle d_{el_fr}^{ia}(U_{st_k}), d_{el_fr_t}^{ia}(U_{st_k}) \rangle \} \rangle, k = 1, \dots, st_{max},$$

где st_{max} – количество участников автоматизируемого процесса, выдвинувших свои версии i-го функционального требования, выполнить операцию

$$\begin{aligned} & \exists (\langle d_n^{ia}(U_{st_k}), \{ \langle d_{el_fr}^{ia}(U_{st_k}), d_{el_fr_t}^{ia}(U_{st_k}) \rangle \} \rangle \Rightarrow \\ & \Rightarrow \langle d_n^{ib}(U_{st_m}), \{ \langle d_{el_fr}^{ib}(U_{st_m}), d_{el_fr_t}^{ib}(U_{st_m}) \rangle \} \rangle \Rightarrow \\ & \Rightarrow \langle d_n^{ja}, \{ \langle d_{el_fr}^{ja}, d_{el_fr_t}^{ja} \rangle \} \rangle \Rightarrow \langle d_n^{ia}(U_{st_k}), \{ \langle d_{el_fr}^{ia}(U_{st_k}), \\ & d_{el_fr_t}^{ia}(U_{st_k}) \rangle \} \rangle, a = 1, \dots, r_{fr}(U_{st_k}), b = 1, \dots, r_{fr}(U_{st_m}), \\ & a \neq b, m = 1, \dots, st_{max}, k \neq m, j = 1, 2, \dots, \end{aligned} \quad (10)$$

где $r_{fr}(U_{st_k})$ – количество фреймов, присутствующих в представлении $K_i^f(U_{st_k})$; $r_{fr}(U_{st_m})$ – количество фреймов, присутствующих в представлении $K_i^f(U_{st_m})$; $\langle d_n^{ja}, \{ \langle d_{el_fr}^{ja}, d_{el_fr_t}^{ja} \rangle \} \rangle$ – описание фрейма, характеризующего j-й концепт ПрО с точки зрения Потребителя; после чего исключить фреймы, для которых операция (10) была выполнена из соответствующих представлений $K_i^f(U_{st_k})$ и $K_i^f(U_{st_m})$.

Этап 3. Для каждого фрейма

$$\langle d_n^{ia}(U_{st_k}), \{ \langle d_{el_fr}^{ia}(U_{st_k}), d_{el_fr_t}^{ia}(U_{st_k}) \rangle \} \rangle, k = 1, \dots, st_{max},$$

выполнить операцию

$$\begin{aligned} & \exists (\langle d_n^{ia}(U_{st_k}), \{ \langle d_{el_fr}^{ia}(U_{st_k}), d_{el_fr_t}^{ia}(U_{st_k}) \rangle \} \rangle \langle \\ & \langle d_n^{ja}, \{ \langle d_{el_fr}^{ja}, d_{el_fr_t}^{ja} \rangle \} \rangle \Rightarrow \\ & \Rightarrow \langle d_n^{ja}, \{ \langle d_{el_fr}^{ja}, d_{el_fr_t}^{ja} \rangle \} \rangle \Rightarrow \langle d_n^{ia}(U_{st_k}), \{ \langle d_{el_fr}^{ia}(U_{st_k}), \\ & d_{el_fr_t}^{ia}(U_{st_k}) \rangle \} \rangle, a = 1, \dots, r_{fr}(U_{st_k}), b = 1, \dots, r_{fr}(U_{st_m}), \\ & a \neq b, m = 1, \dots, st_{max}, k \neq m, \end{aligned} \quad (11)$$

где $\langle d_n^{ja}, \{ \langle d_{el_fr}^{ja}, d_{el_fr_t}^{ja} \rangle \} \rangle$ – описание интерфейса, характеризующего j-й концепт ПрО с точки зрения k-го участника автоматизируемого процесса; после чего исключить фреймы, для которых операция (11) была выполнена из представлений $K_i^f(U_{st_k})$.

Этап 4. Если подмножество

$$\{ \langle d_n^{ia}(U_{st_k}), \{ \langle d_{el_fr}^{ia}(U_{st_k}), d_{el_fr_t}^{ia}(U_{st_k}) \rangle \} \rangle \} \neq \emptyset,$$

то выполнить дополнительную операцию формирования описаний фреймов

$$\langle d_g^{ja}, \{ \langle d_{el_if}^{ja}, d_{el_if_t}^{ja} \rangle \} \rangle \Rightarrow \langle d_n^{ia}(U_{st_k}), \{ \langle d_{el_fr}^{ia}(U_{st_k}), d_{el_fr_t}^{ia}(U_{st_k}) \rangle \} \rangle, a = 1, \dots, r_{fr}(U_{st_k}), \quad (12)$$

для каждого элемента данного подмножества. В противном случае – перейти к Этапу 5.

Этап 5. Для каждого описания связи

$$\langle d_{fr_rel_n}^{ia}(U_{st_k}), \{ \langle d_{el_fr_rel}^{ia}(U_{st_k}), d_{el_fr_rel_t}^{ia}(U_{st_k}) \rangle \} \rangle,$$

где $a = 1, \dots, r_{rel}(U_{st_k})$, $k = 1, \dots, st_{max}$, выполнить операцию формирования описания связи

$$\langle d_{fr_rel_n}^{ja}, \{ \langle d_{el_fr_rel}^{ja}, d_{el_fr_rel_t}^{ja} \rangle \} \rangle \Rightarrow \langle d_{fr_rel_n}^{ia}(U_{st_k}), \{ \langle d_{el_fr_rel}^{ia}(U_{st_k}), d_{el_fr_rel_t}^{ia}(U_{st_k}) \rangle \} \rangle, \quad (13)$$

с учетом результатов выполнения Этапов 2–4.

Этап 6. Сформировать представление i-го функционального требования к ИС K_i^{tr} на уровне знаний Потребителя как результат выполнения операции

$$\begin{aligned} K_i^{tr} = & \sum_{j=1}^{r_n} \langle d_n^{ja}, \{ \langle d_{el_fr}^{ja}, d_{el_fr_t}^{ja} \rangle \} \rangle + \\ & + \sum_{j=1}^{r_{fr}} \langle d_g^{ja}, \{ \langle d_{el_if}^{ja}, d_{el_if_t}^{ja} \rangle \} \rangle + \\ & + \sum_{j=1}^{r_{rel}} \langle d_{fr_rel_n}^{ja}, \{ \langle d_{el_fr_rel}^{ja}, d_{el_fr_rel_t}^{ja} \rangle \} \rangle, \end{aligned} \quad (14)$$

где r_n – количество описаний фреймов, сформированных в результате выполнения Этапов 2 и 4; r_{fr} – количество описаний интерфейсов, сформированных в результате выполнения Этапа 3; r_{rel} – количество описаний связей, сформированных в результате выполнения Этапа 5; после чего завершить выполнение метода.

Результатом выполнения данного метода является представление i-го функционального требования K_i^{tr} , отражающее точку зрения Потребителя как множества участников автоматизируемого процесса. Данное представление является знание-ориентированной моделью, аналогичной (2), и описывает совокупные знания Потребителя об автоматизируемом процессе, которые извлечены из представлений i-го функционального требования $K_i^f(U_{st_k})$ с применением рассмотренного выше метода.

Как было отмечено в [4, 17], главной целью Поставщика является максимизация эффекта от повторного использования ранее разработанных ИТ-сервисов. Поэтому формирование и анализ представления i-го функционального требования к ИС K_i^{tr} на уровне знаний Поставщика предлагается проводить на основе библиотеки знаний о ранее реализованных требованиях к ИТ-услугам созданных ИС и соответствующих этим требованиям ИТ-сервисах. Структура описания данной библиотеки также будет определяться паттернами проектирования требований к ИС. Поэтому представление некоего ранее реализованного i-го функционального требования к ИС на уровне знаний K_i^{tr} в данной библиотеке будет иметь вид, аналогич-

ный (2) с учетом действующих отношений принадлежности, аналогичных (3)–(5).

Тогда формирование представления *i*-го функционального требования к ИС K_i^{fr} на уровне знаний Поставщика следует рассматривать как процесс принятия решений о возможности реализации данного представления на основе элементов библиотеки ранее реализованных требований. Исходя из этого, метод формирования представления *i*-го функционального требования к ИС K_i^{fr} на уровне знаний Поставщика будет состоять из следующих этапов.

Этап 1. Выделить из множества $\{I_{ij}^{r_kn_dst}\}$ ранее не рассматривавшийся элемент $I_{ij}^{r_kn_dst}$.

Этап 2. Для каждого элемента $I_{ij}^{r_kn_dst} \in \{I_{ij}^{r_kn_dst}\}$ выделить описания фреймов ранее реализованных функциональных требований к ИС, допустимые для повторного использования в представлении *i*-го функционального требования к создаваемой ИС, путем выполнения операции

$$\begin{aligned} & \exists (d_n^{abib} = d_{str}^{ij}) \cup (\{ \langle d_{el_fr}^{abib}, d_{el_fr_t}^{abib} \rangle = \{ \langle d_{attr}^{ij}, d_{attr_t}^{ij} \rangle \} \} \Rightarrow \\ & \Rightarrow K_i^{fr} = K_i^{fr} + \langle d_n^{abib}, \{ \langle d_{el_fr}^{abib}, d_{el_fr_t}^{abib} \rangle \} \rangle, \\ & a = 1, \dots, r_{tib}, b = 1, \dots, r_{ifib}, \end{aligned} \quad (15)$$

где $\langle d_n^{abib}, \{ \langle d_{el_fr}^{abib}, d_{el_fr_t}^{abib} \rangle \} \rangle$ – описание *b*-го фрейма в *a*-м ранее реализованном функциональном требовании, представление которого на уровне знаний присутствует в библиотеке; r_{tib} – количество представлений на уровне знаний ранее реализованных требований, присутствующих в библиотеке; r_{ifib} – количество фреймов всех представлений на уровне знаний ранее реализованных требований, присутствующих в библиотеке; после чего исключить элемент $I_{ij}^{r_kn_dst}$, для которого была выполнена операция (15), из рассмотрения в множестве $\{I_{ij}^{r_kn_dst}\}$.

Этап 3. Для каждого элемента $I_{ij}^{r_kn_dst} \in \{I_{ij}^{r_kn_dst}\}$ выделить описания интерфейсов ранее реализованных функциональных требований к ИС, допустимых для повторного использования в представлении *i*-го функционального требования к создаваемой ИС, путем выполнения операции

$$\begin{aligned} & \exists (d_g^{abib} = d_{str}^{ij}) \cup (\{ \langle d_{el_if}^{abib}, d_{el_if_t}^{abib} \rangle = \{ \langle d_{attr}^{ij}, d_{attr_t}^{ij} \rangle \} \} \Rightarrow \\ & \Rightarrow K_i^{fr} = K_i^{fr} + \langle d_g^{abib}, \{ \langle d_{el_if}^{abib}, d_{el_if_t}^{abib} \rangle \} \rangle, \\ & a = 1, \dots, r_{tib}, b = 1, \dots, r_{ifib}, \end{aligned} \quad (16)$$

где $\langle d_g^{abib}, \{ \langle d_{el_if}^{abib}, d_{el_if_t}^{abib} \rangle \} \rangle$ – описание *b*-го интерфейса в *a*-м ранее реализованном функциональном требовании, представление которого на уровне знаний присутствует в библиотеке; r_{ifib} – количество интерфейсов всех представлений на уровне знаний ранее реализованных требований, присутствующих в библиотеке; после чего исключить элемент $I_{ij}^{r_kn_dst}$, для которого была выполнена операция (16), из рассмотрения в множестве $\{I_{ij}^{r_kn_dst}\}$.

Этап 4. Для каждого элемента $I_{ij}^{r_kn_dst} \in \{I_{ij}^{r_kn_dst}\}$ выделить избыточное описание фрейма ранее реализованного функционального требования к ИС, допустимое для повторного использования в представлении

i-го функционального требования к создаваемой ИС, путем выполнения операции

$$\begin{aligned} & \exists (\{ \langle d_{el_fr}^{abib}, d_{el_fr_t}^{abib} \rangle \} \supset \{ \langle d_{attr}^{ij}, d_{attr_t}^{ij} \rangle \}) \cap \\ & \cap (\{ \langle d_{el_fr}^{abib}, d_{el_fr_t}^{abib} \rangle \} / \{ \langle d_{attr}^{ij}, d_{attr_t}^{ij} \rangle \} \rightarrow \emptyset) \Rightarrow \\ & \Rightarrow K_i^{fr} = K_i^{fr} + \langle d_n^{abib}, \{ \langle d_{el_fr}^{abib}, d_{el_fr_t}^{abib} \rangle \} \rangle, \\ & a = 1, \dots, r_{tib}, b = 1, \dots, r_{ifib}, \end{aligned} \quad (17)$$

после чего исключить элемент $I_{ij}^{r_kn_dst}$, для которого была выполнена операция (17), из рассмотрения в множестве $\{I_{ij}^{r_kn_dst}\}$.

Этап 5. Для каждого фрейма

$$\langle d_n^{jib}, \{ \langle d_{el_fr}^{jib}, d_{el_fr_t}^{jib} \rangle \} \rangle \in K_i^{fr}$$

и каждого интерфейса

$$\langle d_g^{jib}, \{ \langle d_{el_if}^{jib}, d_{el_if_t}^{jib} \rangle \} \rangle \in K_i^{fr}$$

проверить существование в библиотеке описаний связи генерализации (наследования), связывающей данный фрейм или интерфейс с фреймом $\langle d_n^{abib}, \{ \langle d_{el_fr}^{abib}, d_{el_fr_t}^{abib} \rangle \} \rangle \notin K_i^{fr}$. Если описание такой связи в библиотеке существует, то выполнить операцию

$$K_i^{fr} = K_i^{fr} + \langle d_n^{abib}, \{ \langle d_{el_fr}^{abib}, d_{el_fr_t}^{abib} \rangle \} \rangle, \quad (18)$$

после чего повторять Этап 5 до тех пор, пока в представлении K_i^{fr} не останется нерассмотренных описаний фреймов и интерфейсов.

Этап 6. Сформировать представление *i*-го функционального требования к создаваемой ИС K_i^{fr} путем включения в него множества описаний связей между повторно используемыми фреймами и/или интерфейсами посредством выполнения для каждого из описаний фреймов и/или интерфейсов представления K_i^{fr} операции

$$\begin{aligned} & \exists (\{ \langle d_n^{xyib} = d_n^{iaPr} \rangle \} \cap \{ \langle d_n^{xzib} = d_n^{ibPr} \rangle \}) \cup (\{ \langle d_n^{xyib} = d_n^{iaPr} \rangle \} \cap \\ & \cap \{ \langle d_g^{xqib} = d_g^{ibPr} \rangle \}) \cap \{ \langle d_{fr_rel_n}^{xcib} \in K_x^{frib} \rangle \} \Rightarrow \\ & \Rightarrow K_i^{fr} = K_i^{fr} + \langle d_{fr_rel_n}^{xcib}, \{ \langle d_{el_fr_rel}^{xcib}, d_{el_fr_rel_t}^{xcib} \rangle \} \rangle, \\ & x = 1, \dots, r_{tib}, y, z = 1, \dots, r_{ifib}, y \neq z, q = 1, \dots, r_{ifib}, \end{aligned} \quad (19)$$

где $\langle d_{fr_rel_n}^{xcib}, \{ \langle d_{el_fr_rel}^{xcib}, d_{el_fr_rel_t}^{xcib} \rangle \} \rangle$ – описание *s*-й связи в *x*-м ранее реализованном функциональном требовании, представление которого на уровне знаний присутствует в библиотеке; после чего завершить выполнение метода.

Результатом выполнения данного метода является представление *i*-го функционального требования K_i^{fr} , отражающее точку зрения Поставщика. Данное представление является знание-ориентированной моделью, аналогичной (2), и описывает совокупные знания Поставщика о возможности реализации данного требования с использованием разработанных ранее сервисов, которые извлечены с применением рассмотренного выше метода.

Общесистемное представление *i*-го функционального требования к ИС на уровне знаний K_i^{fis} предна-

значено для согласования точек зрения Поставщика и Потребителя на *i*-ю ИТ-услугу, к которой выдвигается требование. Поэтому метод формирования общесистемного представления *i*-го функционального требования к ИС на уровне знаний K_i^{fis} состоит из следующих этапов.

Этап 1. Выделить представления K_i^{fu} и K_i^{fpr} , отражающие точки зрения на *i*-е функциональное требование Потребителя и Поставщика соответственно.

Этап 2. Включить в представление K_i^{fis} описания фреймов, интерфейсов и связей, выделенных Потребителем, которые могут быть повторно реализованы Поставщиком, путем выполнения операций

$$\begin{aligned} \exists(\{ \langle d_{el_fr}^{iu}, d_{el_fr_t}^{iu} \rangle \} \subseteq \{ \langle d_{el_fr}^{ibpr}, d_{el_fr_t}^{ibpr} \rangle \}) \Rightarrow \\ \Rightarrow K_i^{fis} = K_i^{fis} + \langle d_n^{ibpr}, \{ \langle d_{el_fr}^{ibpr}, d_{el_fr_t}^{ibpr} \rangle \} \rangle; \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \exists(\{ \langle d_{el_if}^{iu}, d_{el_if_t}^{iu} \rangle \} \subseteq \{ \langle d_{el_if}^{ibpr}, d_{el_if_t}^{ibpr} \rangle \}) \Rightarrow \\ \Rightarrow K_i^{fis} = K_i^{fis} + \langle d_g^{ibpr}, \{ \langle d_{el_if}^{ibpr}, d_{el_if_t}^{ibpr} \rangle \} \rangle; \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \exists(\{ \langle d_{el_fr_rel}^{iu}, d_{el_fr_rel_t}^{iu} \rangle \} \subseteq \{ \langle d_{el_fr_rel}^{ibpr}, d_{el_fr_rel_t}^{ibpr} \rangle \}) \Rightarrow \\ \Rightarrow K_i^{fis} = K_i^{fis} + \langle d_{fr_rel_n}^{ibpr}, \{ \langle d_{el_fr_rel}^{ibpr}, d_{el_fr_rel_t}^{ibpr} \rangle \} \rangle. \end{aligned} \quad (22)$$

Этап 3. Дополнить общесистемное представление K_i^{fis} описаниями фреймов, интерфейсов и связей, которые необходимы с точки зрения Поставщика, путем выполнения операции

$$K_i^{fis} = K_i^{fis} \cup K_i^{fpr}. \quad (23)$$

Этап 4. Дополнить общесистемное представление K_i^{fis} описаниями фреймов, интерфейсов и связей, которые необходимы с точки зрения Потребителя и не соответствуют условиям выполнения операций (20)–(22), путем выполнения операции

$$K_i^{fis} = K_i^{fis} \cup K_i^{fu}, \quad (24)$$

после чего завершить выполнение метода.

Результатом выполнения данного метода является представление *i*-го функционального требования K_i^{fis} , отражающее точку зрения создаваемой ИС. Данное представление является знание-ориентированной моделью, аналогичной (2), и описывает извлеченные с применением рассмотренного выше метода совокупные знания Поставщика и Потребителя о ПрО, которые должны быть реализованы в создаваемой ИС в ходе выполнения *i*-го функционального требования.

6. Обсуждение результатов разработки методов формирования представлений функциональных требований к информационной системе на уровне знаний

Разработанные методы позволяют автоматизировать процессы формирования и анализа множества сформулированных требований к ИС, что, в свою очередь, позволит значительно сократить затраты времени на выполнение предпроектного обследования

объектов автоматизации. Результаты выполнения данных методов – представления K_i^{fu} , K_i^{fpr} и K_i^{fis} – являются основными формальными моделями функциональных требований к ИС, позволяющих сформулировать и автоматизировать решение задачи синтеза описания рациональной архитектуры создаваемой ИС.

Сказанное выше позволяет рассматривать стандартный процесс проектирования архитектуры создаваемой ИС [1] как процесс синтеза описания этой архитектуры путем согласования представлений K_i^{fu} , K_i^{fpr} и выработки по результатам данного согласования единого представления ИС K_i^{fis} как совокупности ИТ-услуг, реализующих сформулированные требования к ИС. Подробнее задача синтеза такого представления рассмотрена автором в работе [17].

7. Выводы

В результате проведенной работы был разработан метод формирования представления *i*-го функционального требования к ИС на уровне знаний отдельного участника автоматизируемого процесса как представителя Потребителя. Данный метод позволяет получить представление требования на уровне знаний в виде сети фреймов, отображающих знание конкретного участника о ПрО автоматизируемого процесса.

На основе полученных результатов был разработан метод формирования представления *i*-го функционального требования к ИС на уровне знаний Потребителя. Данный метод позволяет получить представление требования на уровне знаний в виде сети фреймов, отображающих знания о ПрО всех участников автоматизируемого процесса, выдвигающих данное требование.

В ходе исследований действий Поставщика с функциональными требованиями был разработан метод формирования представления *i*-го функционального требования к ИС на уровне знаний Поставщика. Данный метод позволяет получить представление требования на уровне знаний в виде сети фреймов. В отличие от сети фреймов Потребителя, данная сеть фреймов отображает знания о возможности повторного использования сервисов Поставщика для реализации сформулированного требования.

На основе полученных результатов был разработан метод формирования общесистемного представления *i*-го функционального требования к ИС на уровне знаний. Результатом выполнения данного метода является представление требования на уровне знаний в виде сети фреймов, которое согласует в себе ранее сформированные представления с точки зрения Потребителя и Поставщика.

Результаты выполнения разработанных методов определяют наиболее привлекательную для дальнейших исследований перспективу как разработку моделей и методов синтеза рационального описания архитектуры создаваемой ИС. Данное описание должно учитывать как высказываемые Потребителем требования к данной ИС, так и возможности Поставщика по повторному использованию имеющихся в его распоряжении сервисов.

Литература

1. ГОСТ ИСО/МЭК 15288–2005. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем [Текст]. – Введ. 01–01–2007. – М.: Стандартинформ, 2006. – 57 с.
2. ГОСТ ИСО/МЭК 12207–2010. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств [Текст]. – Введ. 01–03–2012. – М.: Стандартинформ, 2011. – 106 с.
3. An Introduction to Structured Systems Analysis & Design Methodology (SSADM) [Electronic resource] / Office of Government Chief Information Officer. – Available at: \www/URL: http://www.ogcio.gov.hk/en/infrastructure/methodology/ssadm/doc/s3a_pub.pdf. – 16 June 2015. – Title screen.
4. Левыкин, В. М. Паттерны проектирования требований к информационным системам: моделирование и применение [Текст]: монография / В. М. Левыкин, М. В. Евланов, М. А. Керносов. – Харьков: ООО «Компанія «Сміт», 2014. – 320 с.
5. Фатрелл, Р. Т. Управление программными проектами: достижение оптимального качества при минимуме затрат [Текст] / Р. Т. Фатрелл, Д. Ф. Шафер, Л. И. Шафер. – М.: Вильямс, 2003. – 1136 с.
6. Леффингуэлл, Д. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. Унифицированный подход [Текст] / Д. Леффингуэлл, Д. Уидриг. – М.: Вильямс, 2002. – 448 с.
7. Виггерс, К. И. Разработка требований к программному обеспечению [Текст] / К. И. Виггерс. – М.: Русская редакция, 2004. – 576 с.
8. Кобёрн, А. Современные методы описания функциональных требований к системам [Текст] / А. Кобёрн. – М.: Лори, 2002. – 288 с.
9. Vilpola, I. H. A method for improving ERP implementation success by the principles and process of user-centred design [Text] / I. H. Vilpola // Enterprise Information Systems. – 2008. – Vol. 2, № 1. – P. 47–76. doi:10.1080/17517570701793848
10. Sutcliffe, A. Scenario-based requirements analysis [Text] / A. Sutcliffe // Requirements Engineering. – 1998. – Vol. 3, № 1. – P. 48–65. doi:10.1007/bf02802920
11. Mansilla, D. A Proposal of a Process Model for Requirements Elicitation in Information Mining Projects [Text] / D. Mansilla, M. Pollo-Cattaneo, P. Britos, R. García-Martínez // Lecture Notes in Business Information Processing. – 2013. – P. 165–173. doi:10.1007/978-3-642-36611-6_13
12. Липко, Ю. Алгоритм формализации требований при разработке информационных систем [Текст] / Ю. Липко // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2014. – № 6 (155). – С. 153–158.
13. Yue, T. A systematic review of transformation approaches between user requirements and analysis models [Text] / T. Yue, L. C. Briand, Y. Labiche // Requirements Engineering. – 2010. – Vol. 16, № 2. – P. 75–99. doi:10.1007/s00766-010-0111-y
14. Тюрганов, А. Г. Особенности формализации предметной области корпоративных информационных систем [Текст] / А. Г. Тюрганов // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2007. – Т. 9, № 5. – С. 72–76.
15. Cleland-Huang, J. Mining Domain Knowledge [Requirements] [Text] / J. Cleland-Huang // IEEE Softw. – 2015. – Vol. 32, № 3. – P. 16–19. doi:10.1109/ms.2015.67
16. Евланов, М. В. Паттерни проектування вимог до інформаційної системи [Текст] / М. В. Евланов // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2014. – № 783. – С. 429–434.
17. Евланов, М. В. Задача синтезу опису архітектури інформаційної системи [Текст] / М. В. Евланов // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2014. – № 805. – С. 114–123.