

УДК 004.412

М. В. ЕВЛАНОВ*Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина*

МОДЕЛИ ПАТТЕРНОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ НА УРОВНЕ ДАННЫХ

Рассматривается задача разработки моделей паттернов проектирования требований к информационной системе (ИС) на уровне данных. Проведен анализ особенностей основных атрибутивных моделей требований к ИС и к программным продуктам. Предложена концепция паттернов проектирования требований к ИС как знаний, доступных для повторного использования. Разработаны модели структурных и поведенческих паттернов проектирования требований к ИС. Предложен подход к практической реализации паттернов проектирования требований к ИС путем создания схем хранения данных о требованиях.

Ключевые слова: информационная система, требование, паттерн проектирования требований, теоретико-категорная модель, атрибутивная модель, агрегат, многомерная модель данных.

Введение

Современный интерес к тому, что скрывается за понятием «архитектура системы», в отличие от академического интереса прошлых лет, приобретает отчетливый прикладной характер. Желание снизить непроизводительные затраты на покупку и внедрение отдельных элементов информационной системы (ИС), представление подразделений по сопровождению и эксплуатации ИС на предприятиях как центров затрат и стремление руководства исключить эти «лишние» затраты из совокупности затрат на осуществление управления бизнес-процессами предприятия – все эти и целый ряд других факторов определяет необходимость решения проблемы архитектурной интеграции разнородных элементов ИС на формальном уровне, доступном для реализации в виде отдельного компонента современных ИС. Такой компонент позволит сократить затраты различных ресурсов (прежде всего, затраты времени) на внедрение и эксплуатацию отдельных функциональных элементов ИС за счет автоматизации выполнения операций интеграции, поиска и устранения противоречий между этими элементами.

Наиболее значимый экономический эффект от интеграции элементов в единую целостную ИС возникает, если осуществлять эту операцию в ходе формирования и анализа требований, выдвигаемых к этой ИС. Кроме того, в ходе осуществления этой операции становится возможным решение задачи определения возможности повторного использования для создания новой ИС элементов ранее созданных ИС. Повторное использование элементов позволяет значительно сократить затраты на создание

ИС и ее отдельных видов обеспечений (главным образом, информационного и программного обеспечений).

Аспект повторного использования требований приобретает особую значимость в условиях проектирования, внедрения, эксплуатации и модернизации ИС как совокупности ИТ-услуг, предоставляемых их потребителям для автоматизации выполнения бизнес-процессов предприятий или управления этими процессами. Эффект от повторного использования ИТ-услуг при условии минимума изменений их обеспечивающей части можно считать прямо пропорциональным степени повторного использования требований к этим ИТ-услугам, в том числе – с учетом преобразования описаний в терминах других предметных областей. Если же учесть неизбежность изменений требований, возникающих в ходе создания ИС, то проблема создания формальных представлений требований и механизмов управления ими, способных воплотиться в конкретные ИТ, управляющие процессами интеграции разнородных элементов ИС, по-прежнему является актуальной и требует решения.

Анализ существующих атрибутивных моделей требований к информационным системам

В настоящее время одним из наиболее распространенных формальных описаний требований к ИС является атрибутивная модель требования. Атрибутивная модель представляет требование к ИС как совокупность атрибутов и агрегатов этих атрибутов, описывающих различные характеристики этого тре-

бовання. По суті, таке формальне описання вимог до ІС і окремих груп вимог, виділяються з загального множини на основі якого-небудь загального признака (наприклад, група функціональних вимог до ІС), є ілюстрацією принципу подвійності, запропонованого Ю. Шрейдером і А. Шаровим і забезпечуючого узгодженість двох методів оцінки схожості – по таксономії і меромії [1]. В той же час атрибутивна модель вимог до ІС застосовується не тільки для формалізації описання цього вимоги, але для виконання операції збереження вимоги в каталозі вимог до ІС, а також для управління цим вимогом.

Результати аналізу атрибутивних моделей вимог показують, що в даний час вони не є загальноприйнятими і відрізняються залежності від їх авторства. Єдиною атрибутивною моделлю вимог до ІС не існує. Крім того, в ряді випадків атрибутивні моделі вимог можуть задаватися неявно. Класичним прикладом такої неявної атрибутивної моделі вимог до ІС є ГОСТ 34.602-89, в якому вимоги до функцій (задач), виконуваних системою, описуються набором наступних характеристик [2]:

- а) перелік функцій, завдань або їх комплексів (в тому числі забезпечуючих взаємодію частин системи), підлягаючих автоматизації;
- б) перелік функціональних підсистем, окремих функцій або завдань, вводимих в дію в першій і наступних чергах (при створенні системи в дві або більше черги);
- в) тимчасовий регламент реалізації кожної функції, завдання (або комплексу завдань);
- г) якість реалізації кожної функції (завдання або комплексу завдань);
- д) форма представлення вихідної інформації;
- е) характеристики необхідної точності і часу виконання, вимоги одночасності виконання групи функцій, достовірності видачі результатів;
- ж) перелік і критерії відмов для кожної функції, по якій задаються вимоги по надійності.

В методології SSADM описання вимог до ІС більш структуровані, ніж в розглянутому вище ГОСТі. При цьому кожне описання функціонального вимоги може бути доповнено описанням множини нефункціональних вимог. В загальному випадку, атрибутивні моделі вимог до ІС в методології SSADM будуть мати наступний вигляд [3]:

- а) характеристики вимоги в каталозі вимог:

- кодове позначення проекту;
- прізвище і ініціали розробника вимоги;
- дата формування вимоги;
- стадія, на якій знаходиться розробка ІС в відповідності з положеннями методології SSADM;
- версія описання вимоги;
- номер сторінки описання вимоги;
- кількість сторінок описання вимоги;
- б) атрибутивне описання функціонального вимоги:
 - джерело вимоги;
 - важливість вимоги;
 - відповідальний за виконання вимоги функції;
 - назва функціонального вимоги;
 - описання функціонального вимоги;
 - переваги, виникають в результаті виконання функціонального вимоги;
 - в) атрибутивне описання нефункціонального вимоги:
 - описання нефункціонального вимоги;
 - цільове значення нефункціонального вимоги;
 - допустиме значення нефункціонального вимоги;
 - примітка;
 - г) описання результатів виконання вимоги:
 - запропоноване рішення вимоги;
 - посилання на документи;
 - посилання на інші вимоги;
 - резолюція (посилання на функцію, реалізуючу вимогу).

Слід зазначити, що в методології SSADM вимоги до системи в цілому практично не розглядаються і не описуються в вигляді окремих вимог.

Таким чином, існуючі в даний час атрибутивні моделі вимог до ІС, визначені вітчизняними ГОСТами і зарубіжними методологіями розробки ІС, достатньо обмежені і орієнтовані переважно на описання функціональних вимог.

Атрибутивні моделі вимог до програмних продуктів більш різноманітні. При цьому атрибутивні моделі окремих груп вимог задокументовані на рівні стандартів. Так для описання функціональних вимог до програмного продукту використовується стандарт IEEE Standard 830-1998, встановлений в основу досить великої кількості шаблонів і документів, що представляють собою специфікації подібних вимог [4, 5]. Тем не менше, для описання інших груп вимог зазвичай застосовуються атрибутивні мо-

дели, разработанные различными авторами самостоятельно [6-9].

В целом по результатам анализа атрибутивных моделей требований к ИС и к программным продуктам можно утверждать, что эти модели серьезно различаются при описании требований, принадлежащих к разным группам требований к ИС. Кроме того, не существует научно обоснованных гарантий адекватности каких бы то ни было атрибутивных моделей требований стандартизованным процессам разработки ИС [3, 9]. В то же время можно выделить целый ряд групп показателей, которые необходимы для выполнения таких стандартных формальных операций, как ввод нового требования, отображение введенного требования, редактирование ранее введенного требования, удаление ранее введенного требования, а также для осуществления операций управления требованием к ИС. Эти показатели должны присутствовать во всех атрибутивных моделях требований всех групп требований к ИС.

Выделение нерешенной части проблемы и постановка задачи исследования

На подход к формализованным описаниям представлений требований к ИС в значительной степени влияет стремление поставщиков ИТ-услуг повторно использовать требования, сформулированные в ходе разработки конкретной ИС, в последующих проектах аналогичных ИС. Подобное стремление приводит к необходимости рассматривать требования к конкретной ИС как частные случаи неких общих шаблонов, описывающих автоматизируемый процесс и разрабатываемую ИС на более высоких уровнях абстракции. Наиболее близкой к такому взгляду на требования к ИС является идея паттернов проектирования как шаблонов, определяющих решение отдельных задач, часто повторяющихся в различных проектах программных систем.

В [10-11] предложено определение паттерна проектирования требований к ИС. Под этим термином понимается результат выделения и повторного использования с прикладными целями Поставщиком ИТ-услуг следующих видов знаний:

а) об условии или возможности, которые необходимы Потребителю ИТ-услуг для решения стоящей перед ним проблемы или достижения поставленной перед ним цели;

б) об условии или возможности, которой должна обладать ИС или компонент ИС (ИТ-услуга, ИТ-сервис) с точки зрения Поставщика или Потребителя ИТ-услуг, соответствующих договору, стандарту, спецификации или другому официальному документу;

в) о документированном (с использованием естественного или формального языка) представлении условия или возможности, подобно описанным в первых двух определениях.

В соответствии с предлагаемым определением, паттерны проектирования требований к ИС можно классифицировать [11]:

а) по назначению – структурные и поведенческие паттерны;

б) по уровню применения – паттерны представления требований к ИС в виде знаний, паттерны представления требований к ИС в виде информации, паттерны представления требований к ИС в виде данных.

Исходя из сказанного выше, основной задачей данного исследования является разработка моделей паттернов проектирования требований к ИС на уровне данных как инструмента, позволяющего решить задачу интеграции требований к ИС, в том числе – повторно используемых, на основе их разнородных атрибутивных моделей. Эти паттерны проектирования должны быть в максимальной степени независимы от особенностей их технологической реализации, в частности – от особенностей формального описания конкретных моделей данных, которые, в свою очередь, определяют особенности выполнения операций хранения и управления представлениями требований к ИС. Это условие позволит обеспечить возможность использования разрабатываемых паттернов проектирования даже в случае кардинального изменения ИТ хранения данных.

Изложение материалов исследования

Представлением паттерна проектирования требования к ИС на уровне данных предлагается считать метамодель, определяющую синтаксис и семантику построения атрибутивной модели требования, принадлежащего конкретной группе требований к ИС. Для этого необходимо выделить те основные атрибуты и агрегаты атрибутов, которые являются общими для описания требований к ИС, принадлежащих различным группам.

С этой целью разработана обобщенная модель сформулированного требования к ИС M_{IS}^{tr} . Эту модель целесообразно использовать для выделения тех элементов моделей представлений требований к ИС на различных уровнях, которые должны быть едиными для различных групп требований и определяются паттернами проектирования требования к ИС. В общем случае модель M_{IS}^{tr} будет иметь следующий вид:

$$M_{IS}^{tr} = [D_{IS}^{tr}, I_{IS}^{tr}, K_{IS}^{tr}, H(D_{IS}^{tr}), H(I_{IS}^{tr}), H(K_{IS}^{tr}), H(D_{IS}^{tr}, I_{IS}^{tr}), H(I_{IS}^{tr}, D_{IS}^{tr}), H(D_{IS}^{tr}, K_{IS}^{tr}), H(K_{IS}^{tr}, D_{IS}^{tr}), H(I_{IS}^{tr}, K_{IS}^{tr}), H(K_{IS}^{tr}, I_{IS}^{tr})], \quad (1)$$

де D_{IS}^{tr} – підклас представлений сформульованих вимог до ІС на рівні даних;

I_{IS}^{tr} – підклас представлений сформульованих вимог до ІС на рівні інформації;

K_{IS}^{tr} – підклас представлений сформульованих вимог до ІС на рівні знань;

$H(D_{IS}^{tr})$ – підмножина морфізмів, описуючих перетворення представлений сформульованих вимог до ІС на рівні даних самих в себе і друг в друга, маюче наступний вигляд:

$$\forall X, Y \in D_{IS}^{tr} \\ H(D_{IS}^{tr}) = H(1_X) \cup H(X, Y) \cup H(1_Y); \quad (2)$$

$1_X, 1_Y$ – одиничні морфізми, умови існування яких описані в [12];

$H(I_{IS}^{tr})$ – підмножина морфізмів, описуючих перетворення представлений сформульованих вимог до ІС на рівні інформації самих в себе і друг в друга, маюче наступний вигляд:

$$\forall X, Y \in I_{IS}^{tr} \\ H(I_{IS}^{tr}) = H(1_X) \cup H(X, Y) \cup H(1_Y); \quad (3)$$

$H(K_{IS}^{tr})$ – підмножина морфізмів, описуючих перетворення представлений сформульованих вимог до ІС на рівні знань самих в себе і друг в друга, маюче наступний вигляд:

$$\forall X, Y \in K_{IS}^{tr} \\ H(K_{IS}^{tr}) = H(1_X) \cup H(X, Y) \cup H(1_Y); \quad (4)$$

$H(D_{IS}^{tr}, I_{IS}^{tr})$ – підмножина морфізмів, описуючих методи, прийоми і способи перетворення представлений сформульованих вимог до ІС на рівні даних в представлення сформульованих вимог до ІС на рівні інформації;

$H(I_{IS}^{tr}, D_{IS}^{tr})$ – підмножина морфізмів, описуючих методи, прийоми і способи перетворення представлений сформульованих вимог до ІС на рівні інформації в представлення сформульованих вимог до ІС на рівні даних;

$H(D_{IS}^{tr}, K_{IS}^{tr})$ – підмножина морфізмів, описуючих методи, прийоми і способи перетворення представлений сформульованих вимог до ІС на рівні даних в представлення сформульованих вимог до ІС на рівні знань;

$H(K_{IS}^{tr}, D_{IS}^{tr})$ – підмножина морфізмів, описуючих методи, прийоми і способи перетворення представлений сформульованих вимог до ІС на рівні знань в представлення сформульованих вимог до ІС на рівні даних;

$H(I_{IS}^{tr}, K_{IS}^{tr})$ – підмножина морфізмів, описуючих методи, прийоми і способи перетворення представлений сформульованих вимог до ІС на рівні інформації в представлення сформульованих вимог до ІС на рівні знань;

$H(K_{IS}^{tr}, I_{IS}^{tr})$ – підмножина морфізмів, описуючих методи, прийоми і способи перетворення представлений сформульованих вимог до ІС на рівні знань в представлення сформульованих вимог до ІС на рівні інформації.

Тоді модель представлення сформульованих вимог до ІС на рівні даних слід представляти як формалізоване описання кожного елемента підкласа D_{IS}^{tr} з наступним уточненням цього описання. Опиняючись на цій точці зору, модель підкласа представлений сформульованих вимог до ІС на рівні даних буде представляти собою кортеж атрибутів, який структурно розділений на наступні частини:

$$M_{D_{IS}^{tr}} = \langle \langle M_D^{AtPt} \rangle, \langle M_D^{Atgr} \rangle \rangle, \quad (5)$$

де $M_{D_{IS}^{tr}}$ – модель підкласа представлений сформульованих вимог до ІС на рівні даних;

$\langle M_D^{AtPt} \rangle$ – кортеж елементів атрибутивної моделі вимог до ІС, які визначаються паттернами проектування вимог до ІС на рівні даних і являються обов'язковими для вимог будь-якої групи;

$\langle M_D^{Atgr} \rangle$ – кортеж елементів атрибутивної моделі вимог до ІС, які визначаються, виходячи з індивідуальних особливостей виконання Постачиком і Потребителем процесів, неопосередковано працюючих з представленнями вимог на рівні даних конкретної групи.

В загальному випадку конкретний вигляд елемента $\langle M_D^{AtPt} \rangle$ моделі (5) визначається сукупністю структурних і поведінчих паттернів проектування вимог до ІС. Однак поведінчі паттерни визначаються особливостями структурних паттернів проектування вимог до ІС. Тому основне увагу слід приділяти розробці структурних паттернів проектування вимог до ІС, визначаючих семантику загальних представлений вимог різних груп на рівні даних в ході виконання основних операцій над

требованиями. В качестве таких операций следует выделить:

- а) идентификацию требования к ИС;
- б) управление требованием к ИС;
- в) операции создания, отображения, редактирования и удаления описаний отдельных требований, версий этих требований, а также представлений требований и их версий.

Рассмотрим структурный паттерн проектирования требований к ИС на уровне данных для операции идентификации требований различных групп. Под термином «идентификация требования» понимается установление следующих характеристик требования к системе: уникальное описание каждого требования; описание взаимосвязей между требованиями и правообладателями; уникальное описание правообладателей требований; описание взаимосвязей требований для прослеживания каждого требования до первоначальных требований правообладателей.

В дополнение к данным характеристикам при идентификации требований к ИС, которые могут относиться к разным группам требований, необходимо установление таких характеристик: уникальное описание каждой группы требований к ИС; уникальное описание каждой версии требования к ИС; уникальное описание сотрудников Поставщика ИТ-услуг, которые либо являются авторами требования к ИС или версии этого требования, либо выполняют работу по формулированию требования к ИС или версии этого требования, высказанного представителем (или представителями) Потребителя ИТ-услуг;

г) уникальное описание проекта создания ИС, в ходе которого было сформулировано требование к ИС или версия этого требования;

д) факт использования требования к ИС или версии этого требования в проекте создания ИС.

При этом стоит учесть, что для повторного использования требований к ИС или версий этих требований в проектах создания различных ИС необходимо, чтобы описание требования к ИС было первичным по отношению к описанию проекта создания конкретной ИС.

На основании этих показателей предлагается модель структурного паттерна идентификации требования к ИС, которая имеет следующий вид:

$$Pt_{Id} = \langle At_{rg}, At_r, At_{asp}, At_{acs}, At_{proj}, \langle at_{rg}, at_r, at_{asp}, at_{acs}, at_{proj} \rangle \rangle, \quad (6)$$

где Pt_{Id} – модель структурного паттерна идентификации требования к ИС, определяющего семантику моделей требований к ИС различных групп;

At_{rg} – кортеж атрибутов, описывающих группы

требований к ИС;

At_r – кортеж атрибутов, описывающих отдельные сформулированные требования к ИС;

At_{asp} – кортеж атрибутов, описывающих сотрудников Поставщика как возможных авторов требований к ИС;

At_{acs} – кортеж атрибутов, описывающих сотрудников Потребителя как возможные источники требований к ИС;

At_{proj} – кортеж атрибутов, описывающих проекты создания ИС, для которых формулируются требования;

at_{rg} – атрибут, идентифицирующий группу требований к ИС;

at_r – атрибут, идентифицирующий отдельное требование к ИС;

at_{asp} – атрибут, идентифицирующий сотрудника Поставщика как автора требований к ИС;

at_{acs} – атрибут, идентифицирующий сотрудника Потребителя как автора требований к ИС;

at_{proj} – атрибут, идентифицирующий проект создания ИС, для которого было сформулировано требование;

$\langle at_{rg}, at_r, (at_{apr}), (at_{au}), at_{proj} \rangle$ – кортеж атрибутов, описывающий факт идентификации конкретного требования к ИС, сформулированного конкретными авторами в проекте создания конкретной ИС.

Интерпретацией модели (6) в ходе разработки информационной технологии (ИТ) формирования и анализа требований к ИС является схема одной или нескольких витрин данных, предназначенных для хранения следующей исторической информации:

а) о каталоге сформулированных требований, допустимых для повторного использования в проектах создания различных ИС;

б) о каталоге сформулированных требований, выдвинутых в ходе выполнения проекта создания конкретной ИС.

Управление отдельными требованиями основано на постепенном преобразовании множества начальных значений атрибутов, описывающих требование, в множество желаемых значений тех же атрибутов. Под желаемым значением следует понимать значение, которое приобретает атрибут при описании реализованного требования, проверенного соответствующими тестами. Вместо анализа совокупности атрибутов, определяющих состояние требования к ИС, часто предлагается использовать анализ статуса требования. Такой подход позволяет организовать управление требованиями к ИС как анализ, проводимый лицами, принимающими реше-

ние (среди которых могут быть как представители Поставщика, так и представители Потребителя). Анализу подвергаются возможности изменения статуса требования и, в случае принятия положительного решения, изменения текущего значения статуса анализируемого требования.

Описанная процедура определяет описание процесса управления требованием к ИС, выполняемого в течение всего жизненного цикла требования, как набор следующих показателей: уникальное описание управляемого требования; описание текущего статуса управляемого требования; уникальное описание лиц, принимающих решение об управлении требованием со стороны Поставщика; уникальное описание лиц, принимающих решение об управлении требованием со стороны Потребителя; дата и время принятия управленческого решения об изменении текущего статуса требования; описание причины принятия управленческого решения об изменении статуса требования; дата и время изменения текущего статуса требования.

На основании этих показателей предлагается модель структурного паттерна проектирования требований к ИС на уровне данных для управления требованием, которая имеет следующий вид:

$$Pt_{Ctrl} = \langle At_r, At_{cst}, At_{dsp}, At_{dcs}, \langle at_r, at_{cst}, at_{dsp}, at_{dcs}, at_{ddt}, at_{cause}, at_{cdt} \rangle \rangle, \quad (7)$$

где Pt_{Ctrl} – модель структурного паттерна управления требованием к ИС, определяющего семантику моделей требований к ИС различных групп;

At_{cst} – кортеж атрибутов, описывающих все возможные статусы требования к ИС;

At_{dsp} – кортеж атрибутов, описывающих лиц, принимающих решение об изменении текущего статуса требования к ИС со стороны Поставщика;

At_{dcs} – кортеж атрибутов, описывающих лиц, принимающих решение об изменении текущего статуса требования к ИС со стороны Потребителя;

at_{cst} – атрибут, идентифицирующий текущее состояние требования к ИС;

at_{dsp} – атрибут, идентифицирующий лицо, принимающее решение об изменении текущего статуса требования к ИС со стороны Поставщика;

at_{dcs} – атрибут, идентифицирующий лицо, принимающее решение об изменении текущего статуса требования к ИС со стороны Потребителя;

at_{ddt} – атрибут, описывающий дату принятия решения об изменении текущего статуса требования к ИС;

at_{cause} – атрибут, описывающий причину изменения текущего статуса требования к ИС;

at_{cdt} – атрибут, описывающий дату перевода требования к ИС в текущее состояние;

$\langle at_r, at_{cst}, at_{dsp}, at_{dcs}, at_{ddt}, at_{cause}, at_{cdt} \rangle$ – кортеж атрибутов, устанавливающий факт управляющего воздействия на требование к ИС.

Интерпретацией модели (7) в ходе разработки ИТ формирования и анализа требований к ИС является схема одной или нескольких витрин данных, предназначенных для хранения исторической информации о целенаправленных изменениях текущих статусов требований к ИС, в результате которых каждое требование либо выполняется с желаемой степенью удовлетворения, либо отклоняется и удаляется из дальнейшего рассмотрения в процессе проектирования архитектуры ИС.

В ходе выполнения работ по формулированию требований к ИС, результатом которых является полная совокупность выявленных требований к системе, подвергаемая в дальнейшем анализу, возникает необходимость в выполнении операций создания, отображения, редактирования и удаления описаний отдельных требований, версий этих требований, а также представлений требований и их версий. Выполнение этих операций может вызвать такие последствия:

а) изменение результата идентификации отдельного требования к ИС или его версии;

б) инициация процесса управления требованием к ИС или его версией как изменения текущего статуса этого требования или его версии.

Поскольку эти последствия могут иметь необратимый характер и влияют не только на отдельный проект создания конкретной ИС, но и на последующие проекты создания различных ИС, необходимо использовать фрагмент атрибутивной модели требования к ИС для учета операций, выполняемых над требованием.

Для учета фактов выполнения операций над требованиями к ИС необходимо установление таких характеристик:

а) уникальное описание операций, выполняемых над отдельным требованием;

б) уникальное описание сотрудников Поставщика, участвующих в выполнении конкретной операции над отдельным требованием к ИС;

в) уникальное описание сотрудников Потребителя, участвующих в выполнении конкретной операции над отдельным требованием к ИС;

г) дата и время выполнения операции над требованием к ИС.

Тогда с учетом результатов разработки моделей паттернов (6) и (7), предлагается модель структурного паттерна проектирования требований к ИС на уровне данных для учета результатов выполне-

ния операций над требованиями к ИС, которая имеет следующий вид:

$$Pt_{Op} = \langle At_r, At_{opr}, At_{aopsp}, At_{aopcs}, \langle at_r, at_{opr}, at_{aopsp}, at_{aopcs}, at_{dopr} \rangle \rangle, \quad (8)$$

где Pt_{Op} – модель структурного паттерна учета результатов выполнения операций над требованием к ИС, определяющего семантику моделей требований к ИС различных групп;

At_{opr} – кортеж атрибутов, описывающих операции, выполняемые над требованием к ИС;

At_{aopsp} – кортеж атрибутов, описывающих сотрудников Поставщика, участвующих в выполнении операции над требованием к ИС;

At_{aopcs} – кортеж атрибутов, описывающих сотрудников Потребителя, участвующих в выполнении операции над требованием к ИС;

at_{opr} – атрибут, идентифицирующий операцию, выполняемую над требованием к ИС;

at_{aopsp} – атрибут, идентифицирующий сотрудника Поставщика, участвующего в выполнении операции над требованием к ИС;

at_{aopcs} – атрибут, идентифицирующий сотрудника Потребителя, участвующего в выполнении операции над требованием к ИС;

at_{dopr} – атрибут, описывающий дату и время выполнения операции над требованием к ИС;

$\langle at_r, at_{opr}, at_{aopsp}, at_{aopcs}, at_{dopr} \rangle$ – кортеж атрибутов, описывающий факт выполнения конкретной операции над конкретным сформулированным требованием к ИС.

Интерпретацией модели (8) в ходе разработки ИТ формирования и анализа требований к ИС является схема одной или нескольких витрин данных, предназначенных для хранения исторической информации о последовательности выполненных операций над сформулированными требованиями к ИС.

Таким образом, для случая использования в качестве элементарных описаний создаваемой системы отдельных требований к ИС подкласс объектов D_{IS}^{Pt} теоретико-категорной модели паттернов проектирования требований к ИС, определяющий синтаксис и семантику описаний элементов подкласса объектов D_{IS}^{Tr} , следует рассматривать как множество структурных паттернов проектирования требований к ИС на уровне данных, устанавливающих конкретный вид элемента $\langle M_D^{AtPt} \rangle$ модели (5). Это множество паттернов будет в общем случае иметь следующий вид:

$$D_{IS}^{Pt} = \{Pt_{Id}, Pt_{Ctrl}, Pt_{Op}\} = \{ \langle At_{rg}, At_r, At_{asp}, At_{acs}, At_{proj}, \langle at_{rg}, at_r, at_{asp}, at_{acs}, at_{proj} \rangle \rangle, \langle At_r, At_{cst}, At_{dsp}, At_{dcs}, \langle at_r, at_{cst}, at_{dsp}, at_{dcs}, at_{ddt}, at_{cause}, at_{cdt} \rangle \rangle, \langle At_r, At_{opr}, At_{aopsp}, At_{aopcs}, \langle at_r, at_{opr}, at_{aopsp}, at_{aopcs}, at_{dopr} \rangle \rangle \}. \quad (9)$$

Подкласс морфизмов $H(D_{IS}^{Pt})$ представляет собой совокупность моделей преобразований структурных и поведенческих паттернов представлений требований к ИС на уровне данных самих в себя и друг в друга. Данный подкласс по отношению к подклассу объектов D_{IS}^{Pt} , представленному выражением (9), состоит из следующих видов морфизмов:

а) единичные морфизмы $1_{Pt_{Id}}, 1_{Pt_{Ctrl}}, 1_{Pt_{Op}}$, отображающие структурные паттерны Pt_{Id}, Pt_{Ctrl} и Pt_{Op} соответственно сами в себя;

б) морфизмы $H(Pt_{Id}, Pt_{Ctrl}), H(Pt_{Id}, Pt_{Op}), H(Pt_{Ctrl}, Pt_{Op}), H(Pt_{Op}, Pt_{Ctrl}), H(Pt_{Op}, Pt_{Id})$ и $H(Pt_{Ctrl}, Pt_{Id})$, устанавливающие связи между структурными паттернами Pt_{Id}, Pt_{Ctrl} и Pt_{Op} .

Единичные морфизмы структурных паттернов проектирования требований к ИС на уровне данных описывают поведенческий паттерн модификации. Суть данного поведенческого паттерна заключается в выполнении операций следующего вида:

а) добавление новых атрибутов в модель существующего структурного паттерна проектирования требований к ИС;

б) изменение существующих описаний атрибутов в модели существующего структурного паттерна проектирования требований к ИС;

в) удаление неиспользуемых атрибутов из модели существующего структурного паттерна проектирования требований к ИС.

Исходя из сказанного, существование единичного морфизма $1_{Pt_{Id}}^{add} \in 1_{Pt_{Id}}$, описывающего операцию добавления новых атрибутов в модель паттерна Pt_{Id} , определяется следующим условием:

$$\forall At_x \in AT^* \exists 1_{Pt_{Id}}^{add} \in 1_{Pt_{Id}} : Pt_{Id} \rightarrow Pt_{Id} \cup At_x, \quad (10)$$

где At_x – подмножество атрибутов, по которым принято решение о целесообразности их добавления в модель паттерна Pt_{Id} ;

AT^* – множество атрибутов, не нарушающих целостность модели паттерна Pt_{Id} ;

$1_{Pt_{Id}}^{add}$ – единичный морфизм, описывающий операцию добавления атрибутов подмножества At_x в модель паттерна Pt_{Id} ;

$1_{Pt_{Id}}$ – подкласс единичных морфизмов модели паттерна Pt_{Id} .

Совокупность условий проверки целостности моделей структурных паттернов в общем случае определяется моделями представления знаний, на основе которых формируются модели паттернов, и здесь не рассматривается.

Тогда любой единичный морфизм $1_{Pt_{Id}}^{add}$, реализующий поведенческий паттерн модификации модели паттерна Pt_{Id} , может быть описан операцией следующего вида:

$$1_{Pt_{Id}}^{add} : [At_{rg} \oplus At_x] \oplus [At_r \oplus At_x] \oplus [At_{asp} \oplus at_x] \oplus [At_{acs} \oplus At_x] \oplus [At_{proj} \oplus At_x] \oplus [\emptyset \oplus At_x], \quad (11)$$

где \emptyset – пустое множество, представляющее собой несуществовавший ранее кортеж атрибутов, который описывает новый аспект идентифицируемого требования.

Использование операции «сложение по модулю 2» позволяет отказаться от добавления тех атрибутов, которые по каким-либо причинам ранее уже были включены в кортежные модели соответствующих аспектов требований к ИС. В то же время данная операция может использоваться для включения в кортежную модель какого-либо аспекта требования к ИС атрибутов других кортежных моделей, что позволяет установить взаимосвязи между отдельными аспектами требования.

Для формализованного описания единичного морфизма $1_{Pt_{Id}}^{upd} \in 1_{Pt_{Id}}$, описывающего операцию изменения существующего описания атрибута модели паттерна Pt_{Id} , введем предположение о способе описания подобных атрибутов. Согласно этому предположению, любой атрибут любого структурного или поведенческого паттерна может быть описан выражением следующего вида [13]:

$$at = \langle n_{at}, T_{at}, D_{at} \rangle, \quad (12)$$

где at – обозначение любого возможного атрибута, используемого в моделях любых возможных структурных и поведенческих паттернов;

n_{at} – имя атрибута at ;

T_{at} – тип атрибута at ;

D_{at} – домен (множество допустимых значений) атрибута at .

Данное выражение является минимально необ-

ходимой моделью атрибутов, используемых в моделях паттернов, и может быть расширено при необходимости более детального описания понятия «атрибут».

Любое изменение атрибута $at_x \in At_x$ модели структурного паттерна приведет к появлению в этой модели атрибута $at'_x \in At'_x$, для которого выполняется следующее условие:

$$\forall at_x, \forall at'_x \quad at_x \setminus at'_x \neq \emptyset. \quad (13)$$

Тогда существование единичного морфизма $1_{Pt_{Id}}^{upd} \in 1_{Pt_{Id}}$, описывающего операцию изменения существующего описания атрибута модели паттерна Pt_{Id} , определяется условием следующего вида:

$$\forall At_x, \forall At'_x \in AT^* \quad \exists 1_{Pt_{Id}}^{upd} \in 1_{Pt_{Id}} : Pt_{Id} \rightarrow Pt'_{Id}, At_x \in Pt_{Id}, At_x \notin Pt'_{Id}, At'_x \notin Pt_{Id}, At'_x \in Pt'_{Id}. \quad (14)$$

Любой единичный морфизм $1_{Pt_{Id}}^{upd}$, реализующий поведенческий паттерн модификации модели паттерна Pt_{Id} , может быть описан операцией следующего вида:

$$1_{Pt_{Id}}^{upd} : [(At_{rg} \setminus At_x) \cup At'_x] \oplus [(At_r \setminus At_x) \cup At'_x] \oplus [(At_{asp} \setminus At_x) \cup At'_x] \oplus [(At_{acs} \setminus At_x) \cup At'_x] \oplus [(At_{proj} \setminus At_x) \cup At'_x]. \quad (15)$$

Существование единичного морфизма $1_{Pt_{Id}}^{del} \in 1_{Pt_{Id}}$, описывающего операцию удаления неиспользуемых атрибутов из модели паттерна Pt_{Id} определяется условием

$$\forall At_x \in AT^* \quad \exists 1_{Pt_{Id}}^{del} \in 1_{Pt_{Id}} : Pt_{Id} \rightarrow Pt''_{Id}, At_x \in Pt_{Id}, At_x \notin Pt''_{Id}, \quad (16)$$

где Pt''_{Id} – модель структурного паттерна идентификации требования к ИС, не содержащая подмножество атрибутов At_x , введенных, но не используемых в модели Pt_{Id} .

Тогда любой единичный морфизм $1_{Pt_{Id}}^{del}$, реализующий поведенческий паттерн модификации модели паттерна Pt_{Id} , может быть описан операцией следующего вида:

$$1_{Pt_{Id}}^{del} : [At_{rg} \setminus At_x] \oplus [At_r \setminus At_x] \oplus [At_{asp} \setminus At_x] \oplus [At_{acs} \setminus At_x] \oplus [At_{proj} \setminus At_x]. \quad (17)$$

Для модели паттерна Pt_{Ctrl} условия существования единичных морфизмов аналогичны условиям (10), (14) и (16), а модели этих морфизмов будут иметь, соответственно, следующий вид:

$$I_{Pt_{Ctrl}}^{add} : [At_{cst} \oplus At_x] \oplus [At_{dsp} \oplus At_x] \oplus [At_{dcs} \oplus At_x] \oplus [\emptyset \oplus At_x], \quad (18)$$

$$I_{Pt_{Ctrl}}^{upd} : [(At_{cst} \setminus At_x) \cup At'_x] \oplus [(At_{dsp} \setminus At_x) \cup At'_x] \oplus [(At_{dcs} \setminus At_x) \cup At'_x], \quad (19)$$

$$I_{Pt_{Ctrl}}^{del} : [At_{cst} \setminus At_x] \oplus [At_{dsp} \setminus At_x] \oplus [At_{dcs} \setminus At_x]. \quad (20)$$

Для модели паттерна Pt_{Op} условия существования единичных морфизмов аналогичны условиям (10), (14) и (16), а модели этих морфизмов будут иметь, соответственно, следующий вид:

$$I_{Pt_{Op}}^{add} : [At_{opr} \oplus At_x] \oplus [At_{aopsp} \oplus At_x] \oplus [At_{aopcs} \oplus At_x] \oplus [\emptyset \oplus At_x], \quad (21)$$

$$I_{Pt_{Op}}^{upd} : [(At_{opr} \setminus At_x) \cup At'_x] \oplus [(At_{aopsp} \setminus At_x) \cup At'_x] \oplus [(At_{aopcs} \setminus At_x) \cup At'_x], \quad (22)$$

$$I_{Pt_{Op}}^{del} : [At_{opr} \setminus At_x] \oplus [At_{aopsp} \setminus At_x] \oplus [At_{aopcs} \setminus At_x]. \quad (23)$$

Морфизмы, устанавливающие связи между моделями структурных паттернов, реализуют поведенческий паттерн интеграции описаний. Его суть заключается в установлении отображений, которые призваны обеспечить возможность представления единой атрибутивной модели требований. С другой стороны, эти отображения должны минимизировать степень связности моделей отдельных структурных паттернов, чтобы снизить сложность представления паттерна проектирования требований к ИС на уровне данных в ходе выполнения различных операций формирования и анализа требований к ИС.

Из всех возможных морфизмов для моделей структурных паттернов Pt_{Id} , Pt_{Ctrl} и Pt_{Op} могут существовать только морфизмы $H(Pt_{Id}, Pt_{Ctrl})$, $H(Pt_{Id}, Pt_{Op})$, $H(Pt_{Op}, Pt_{Ctrl})$ и $H(Pt_{Op}, Pt_{Id})$. Существование данных морфизмов обусловлено, как показано выше, следующими условиями:

– невозможно осуществлять управление неидентифицированным требованием к ИС и осуществлять операции над таким требованием;

– в ходе выполнения отдельных операций над требованиями к ИС возможна инициация как про-

цесса управления требованием, так и процесса идентификации нового требования.

Морфизм $H(Pt_{Id}, Pt_{Ctrl})$ в общем случае имеет следующий вид:

$$H(Pt_{Id}, Pt_{Ctrl}) : \{At_r^{Id}, At_{asp}^{Id}, At_{acs}^{Id}\} \rightarrow \{At_r^{Ctrl}, At_{dsp}^{Ctrl}, At_{dcs}^{Ctrl}\}, \quad (24)$$

где At_r^{Id} – подмножество атрибутов, идентифицирующих требование к ИС, присутствующее в модели паттерна Pt_{Id} ;

At_{asp}^{Id} – подмножество атрибутов, описывающих сотрудников Поставщика как возможных авторов требований к ИС, присутствующее в модели паттерна Pt_{Id} ;

At_{acs}^{Id} – подмножество атрибутов, описывающих сотрудников Потребителя как возможных авторов требований к ИС, присутствующее в модели паттерна Pt_{Id} ;

At_r^{Ctrl} – подмножество атрибутов, идентифицирующих требование к ИС, присутствующее в модели паттерна Pt_{Ctrl} ;

At_{dsp}^{Ctrl} – подмножество атрибутов, идентифицирующих лиц, принимающих решение об изменении текущего статуса требования к ИС со стороны Поставщика, присутствующее в модели паттерна Pt_{Ctrl} ;

At_{dcs}^{Ctrl} – подмножество атрибутов, идентифицирующих лиц, принимающих решение об изменении текущего статуса требования к ИС со стороны Потребителя, присутствующее в модели паттерна Pt_{Ctrl} .

Морфизм $H(Pt_{Id}, Pt_{Op})$ в общем случае имеет следующий вид:

$$H(Pt_{Id}, Pt_{Op}) : \{At_r^{Id}, At_{asp}^{Id}, At_{acs}^{Id}\} \rightarrow \{At_r^{Op}, At_{aopsp}^{Op}, At_{aopcs}^{Op}\}, \quad (25)$$

где At_r^{Op} – подмножество атрибутов, идентифицирующих требование к ИС, присутствующее в модели паттерна Pt_{Op} ;

At_{aopsp}^{Op} – подмножество атрибутов, описывающих сотрудников Поставщика, участвующих в выполнении операции над требованием к ИС, присутствующее в модели паттерна Pt_{Op} ;

At_{aopcs}^{Op} – подмножество атрибутов, описывающих сотрудников Потребителя, участвующих в выполнении операции над требованием к ИС, присутствующее в модели паттерна Pt_{Op} .

Морфизм $H(Pt_{Op}, Pt_{Id})$ в общем случае имеет следующий вид:

$$H(Pt_{Op}, Pt_{Id}) : \{At_{aopsp}^{Op}, At_{aopcs}^{Op}\} \rightarrow \{At_{asp}^{Id}, At_{acs}^{Id}\}. \quad (26)$$

Морфизм $H(Pt_{Op}, Pt_{Ctrl})$ в общем случае имеет следующий вид:

$$H(Pt_{Op}, Pt_{Ctrl}) : \{At_r^{Op}, At_{aopsp}^{Op}, At_{aopcs}^{Op}\} \rightarrow \{At_r^{Ctrl}, At_{dsp}^{Ctrl}, At_{dcs}^{Ctrl}\}. \quad (27)$$

Все морфизмы (24)-(27) являются инъективными.

Выводы и перспективы дальнейших исследований

Предлагаемые модели структурных паттернов (6)-(8) как объектов подкласса D_{IS}^{Pt} и поведенческих паттернов (11), (15), (17)-(27) как морфизмов подкласса $H(D_{IS}^{Pt})$ определяют синтаксис и семантику атрибутивных моделей требований к ИС на уровне данных. С точки зрения практической реализации, разработанные модели задают структуру схемы фрагмента хранилища данных, обеспечивающего хранение представлений требований к ИС и их версий на уровне данных вне зависимости от конкретных проектов создания ИС, в которых были сформулированы эти требования. В то же время предложенные модели могут быть трансформированы в классические схемы реляционных баз данных для упрощения практической реализации интеллектуальной ИТ формирования и анализа требований к ИС.

Перспективой дальнейших исследований следует считать практическую апробацию разработанных моделей в рамках интеллектуальной ИТ формирования и анализа требований к ИС, структура которой рассмотрена автором в [14]. Данная ИТ обладает рядом преимуществ по сравнению с существующими ИТ автоматизации создания ИС. Среди этих преимуществ особо следует выделить:

- а) формализацию определения возможности повторного использования элементов библиотеки существующих компонентов ИС в ходе создания новой ИС;
- б) автоматизацию работ по расширению библиотеки существующих компонентов ИС;
- в) снижение сложности решения задач обновления версий ИС и сопровождения вариантов тиражируемых ИС, внедренных в бизнес-процессах различных предприятий;
- г) снижение времени создания новых ИС за счет наращивания, а не реинжиниринга используемого прототипа;

д) аккумуляцию знаний о различных ПрО в универсальном прототипе, их многократное использование в различных ИС;

е) снижение сложности сопровождения нескольких систем, разработанных на базе одного прототипа.

Литература

1. Шрейдер, Ю. А. Системы и модели [Текст] / Ю. А. Шрейдер, А. А. Шаров. – М. : Радио и связь, 1982. – 152 с.
2. ГОСТ 34.602–89. Техническое задание на создание автоматизированной системы [Электронный ресурс]. – Введ. 01.01.1990. – Режим доступа: http://vt.ulstu.ru/sites/default/files/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2%2034.602-89_0.pdf. – 17.01.2014.
3. Кириллов, В. П. Технология SSADM: методика определения требований к автоматизированной системе [Текст] / В. П. Кириллов // Компьютеры + Программы. – 1994. – № 3 (11). – С. 30–36.
4. Виггерс, К. И. Разработка требований к программному обеспечению [Текст] / К. И. Виггерс. – М. : Русская редакция, 2004. – 576 с.
5. Макарова, Н. В. Информатика [Текст] : учебник / Н. В. Макарова. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 768 с.
6. Леффингуэлл, Д. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. Унифицированный подход [Текст] / Д. Леффингуэлл, Д. Уидриг. – М. : Вильямс, 2002. – 448 с.
7. Халл, Э. Разработка и управление требованиями: практическое руководство пользователя [Электронный ресурс] / Э. Халл, К. Джексон, Дж. Дик ; пер. с англ. И. Корнипаева. – 2-е изд. – 2005. – Режим доступа: http://80.250.162.180/2002/Yury.Kupriyanov/eBook_RU_Requirements_Engineering.pdf. – 17.01.2014.
8. Кобёрн, А. Современные методы описания функциональных требований к системам [Текст] / А. Кобёрн. – М. : «Лори», 2002. – 288 с.
9. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288–2005. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем [Текст]. – Введ. 01–01–2007. – М. : Стандартинформ, 2006. – 57 с.
10. Левыкин, В. М. Подход к использованию паттернов проектирования при работе с требованиями к информационной системе [Текст] / В. М. Левыкин, М. В. Евланов, М. А. Керносов // Системний аналіз. Інформатика. Управління (САІУ-2013) : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Запоріжжя, 13-16 березня 2013 р.). – Запоріжжя : КПУ, 2013. – С. 150-152.
11. Евланов, М. В. Паттерны проектирования требований к информационной системе [Текст] / М. В. Евланов, О. Е. Неумывакина // Информационные системы и технологии: материалы 2-й Международ. науч. - техн. конф., Евпатория-Харьков,

16-22 сентября 2013: тезисы докладов. – Харьков : НТМТ, 2013. – С. 32-33.

12. Цаленко, М. Ш. Основы теории категорий [Текст] / М. Ш. Цаленко, Е. Г. Шульгейфер. – М. : Наука, 1974. – 256 с.

13. Левыкин, В. М. Параллельное проектирование информационного и программного комплексов информационной системы [Текст] / В. М. Левыкин, М. В. Евланов, В. С. Сугрбов // Радиотехника.

– 2006. – Вып. 146. – С. 89-98.

14. Левыкин, В. М. Формирование структуры работ IT-проекта создания информационной системы [Текст] / В. М. Левыкин, М. В. Евланов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – № 2 (1045). – С. 81-86.

Поступила в редакцію 17.01.2014, рассмотрена на редколлегии 12.02.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. інформатики Е. П. Путятин, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна.

МОДЕЛІ ПАТТЕРНІВ ПРОЕКТУВАННЯ ВИМОГ ДО ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА РІВНІ ДАНИХ

М. В. Євланов

Розглядається задача розробки моделей паттернів проектування вимог до інформаційної системи (ІС) на рівні даних. Проведено аналіз особливостей основних атрибутивних моделей вимог до ІС і до програмних продуктів. Запропоновано концепцію паттернів проектування вимог до ІС як знань, що можуть бути повторно використані. Розроблено моделі структурних паттернів та паттернів поведінки проектування вимог до ІС. Запропоновано підхід до практичної реалізації паттернів проектування вимог до ІС шляхом створення схем сховищ даних про вимоги.

Ключові слова: інформаційна система, вимога, паттерн проектування вимог, теоретико-категорна модель, атрибутивна модель, агрегат, багатовимірний модель даних.

MODELS OF DESIGN PATTERNS FOR INFORMATION SYSTEM REQUIREMENTS AT THE DATA LEVEL

M. V. Ievlanov

The problem of modeling design patterns of requirements for information system (IS) at the data level is considered. Was did the analysis of the main features of the requirements attribute model for IS and software products. The concept of design patterns requirements for IS as knowledge available for reuse. The models of structural and behavioral patterns design requirements for IS. An approach to the practical implementation of the requirements of the design patterns in IP by creating schemes were stored data requirements.

Key words: information system, requirement, design pattern of requirements, category-theoretic model, attribute model, aggregate, multidimensional data model.

Євланов Максим Вікторович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри Інформаційних управляючих систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна, e-mail: iyc@kture.kharkov.ua.