

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО И ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Актуальность проблемы

В настоящее время использование методологий и технологий проектирования информационных систем (ИС) определяется исходя из выбранной до начала проектных работ модели жизненного цикла проектирования ИС. К таким моделям относят традиционные каскадную и спиральную модели жизненного цикла проектирования ИС, разработанные на их основе модели быстрого прототипа, последовательного наращивания функций и т.д. [1]. Однако подобные модели предполагают раздельную организацию работ по созданию обеспечивающей части разрабатываемой или модернизируемой ИС. Между тем, подобная организация работ приводит впоследствии к серьезным задержкам создания единой обеспечивающей части ИС на этапе синтеза проектных решений по отдельным обеспечивающим комплексам – информационному, интерфейсному, расчетному, коммуникационному или комплексу технических средств [2]. При этом следует учитывать, что для подавляющего большинства моделей жизненного цикла ИС трудоемкость и время ее разработки являются одним из наиболее важных факторов, определяющих успех проекта. Поэтому проблема сокращения временных сроков и упрощения процессов проектирования ИС за счет устранения рассогласований в проектных решениях обеспечивающих комплексов ИС – одна из наиболее важных.

Анализ последних достижений в данной области

Одним из путей сокращения времени проектирования ИС является организация параллельного проектирования ИС и ее компонентов. Основной идеей параллельного проектирования является одновременное осуществление работ различной направленности с организацией взаимосвязей, которые информируют исполнителей о проводимых работах и достигнутых результатах по каждому из направлений, а также позволяют координировать проектные работы с целью уменьшения несоответствий между отдельными обеспечивающими комплексами при их интеграции [2]. Концепция параллельного проектирования ИС базируется на представлении ИС как композиции отдельных обеспечивающих комплексов, которая осуществляется в соответствии с заранее заданными условиями и ограничениями. Организация работ по параллельному проектированию обеспечивающих комплексов ИС представляется в виде оперативной координации и интеграции работ, осуществляемых на основе общего формализованного описания ИС. Такое описание должно предусматривать использование различных средств и методов проектирования обеспечивающих комплексов ИС и представляет собой информационный ген ИС, в котором приведены знания о структуре, содержании и возможных направлениях развития ИС.

В качестве подобного общего описания выделяют визуальные модели (ВМ) ИС и ее компонентов. Подобные модели отражают такие точки зрения на ИС [3]:

- статическая точка зрения, которая отражает представления об информационных структурах, предназначенных для длительного хранения данных и знаний,
- операционная точка зрения, которая отражает представления о совокупности операций над локальными и глобальными информационными структурами,
- динамическая точка зрения, которая отражает представления о поведении статических и операционных представлений ИС во времени.

Существующие технологии разработки и корректировки визуальных моделей предусматривают конвертацию отдельных типов ВМ друг в друга в соответствии с особенностями технологических цепочек. В качестве таких технологий и средств их реализации можно отметить технологии SSADM, SADT, язык UML и специализированное инструментальное средство моделирования ARIS [4-6]. Большинство технологий, реализующих объектно-

ориентированные ВМ, допускают использование в качестве вспомогательных моделей структурные ВМ бизнес-процессов объекта автоматизации и ВМ потоков данных [3]. Структурные ВМ применяются, главным образом, для определения границ бизнес-процессов изучаемого объекта автоматизации, а также для определения границ проектируемой ИС.

Однако практические решения проблемы трансформации моделей ИС в современных CASE-средствах носят, как правило, лишь частный характер. Это связано со статичным представлением ВМ ИС и организацией соответствующих способов хранения и отображения ВМ (ВМ хранятся в файлах и отображаются как статичные визуальные диаграммы) [7]. Лучшие результаты дает применение CASE-средства ARIS, где для хранения моделей используется объектная СУБД, что облегчает трансформацию моделей друг в друга [7]. Такой способ хранения моделей позволяет в лучшем случае отображать лишь синтаксические описания моделей ИС, не учитывая при этом их семантические особенности.

Наиболее перспективным способом интеграции ВМ является создание и эксплуатация метамодели ИС и ее компонентов [8]. Под метамоделью понимаются специализированные описания и формализованные представления, которые определяют не только синтаксис, но и семантику конкретных реализаций ВМ ИС и ее компонентов [8]. Такой подход к моделированию ИС позволяет организовать параллельную разработку обеспечивающих комплексов за счет использования семантически единого алфавита, которым описывается ИС.

Выделение нерешенной части проблемы

Из рассмотренных выше особенностей создания и трансформации ВМ проектируемой ИС возникает проблема поиска общего алфавита описания отдельных ВМ ИС и ее компонентов, а также других способов представления ИС. В работах [9, 10] рассмотрено использование для аналитического описания подобного алфавита элементов теории категорий. Тогда всю совокупность ВМ, используемых для описания ИС, можно рассматривать как совокупность подкатегорий категории метамодели ИС. Взаимосвязи конкретной ВМ ИС и метамодели ИС в процессе проектирования ИС можно описать следующим образом

$$\begin{array}{ccc} MTez(m_a^A) \rightarrow MTez(m_a^B) & MTez(r_a^A) \rightarrow MTez(r_a^B) & \\ \uparrow & \downarrow & , \quad \uparrow \quad \downarrow , \\ Tez(m_v^A) \rightarrow Tez(m_v^B) & Tez(r_v^A) \rightarrow Tez(r_v^B) & \end{array} \quad (1)$$

где m_a^A – элемент класса объектов категории А, которая используется для описания начальной метамодели ИС; m_a^B – элемент класса объектов категории В, которая используется для описания конечной метамодели ИС; m_v^A – элемент начальной ВМ функциональной структуры или обеспечивающего комплекса ИС; m_v^B – элемент конечной ВМ функциональной структуры или обеспечивающего комплекса ИС; r_a^A – элемент класса морфизмов категории А, которая используется для описания начальной метамодели ИС; r_a^B – элемент класса морфизмов категории В, которая используется для описания конечной метамодели ИС; r_v^A – элемент множества отношений, которые определены на элементах m_v^A начальной ВМ функциональной структуры или обеспечивающего комплекса ИС; r_v^B – элемент множества отношений, которые определены на элементах m_v^B конечной ВМ функциональной структуры или обеспечивающего комплекса ИС; Tez – тезаурус ВМ функциональной структуры или обеспечивающего комплекса ИС, который используется для описания элементов m_v^A или m_v^B ; $MTez$ – тезаурус метамодели ИС, для которого тезаурус ВМ функциональной структуры или обеспечивающего комплекса ИС является частным случаем, $Tez \subseteq MTez$.

Отображения, представленные в (1) стрелками, реализуются в общем случае одноместными ковариантными функторами, обобщенная модель которого показана в работе [10]. Упростим эту модель следующим образом:

$$\Phi_A^B = (A = (Ob^A, Mor^A), \Phi_{Ob^A}^{Ob^B}, \Phi_{Mor^A}^{Mor^B}, B = (Ob^B, Mor^B)), \quad (2)$$

где A – категория, которая используется для описания начальной метамодели ИС и всех ВМ, которые строятся на базе данной метамодели; Ob^A – класс объектов категории A ; Mor^A – класс морфизмов категории A ; B – категория, которая используется для описания конечной метамодели ИС и всех ВМ, которые строятся на базе данной метамодели; Ob^B – класс объектов категории B ; Mor^B – класс морфизмов категории B ; $\Phi_{Ob^A}^{Ob^B}$ – база правил трансформации элементов класса объектов категории A в элементы класса объектов категории B ; $\Phi_{Mor^A}^{Mor^B}$ – база правил трансформации элементов класса морфизмов категории A в элементы класса морфизмов категории B .

Существуют два основных подхода к воплощению модели (2) в виде конкретных технологий и средств конвертирования моделей ИС друг в друга. Первый подход заключается в экспериментальном доказательстве возможности отображения ВМ ИС, построенной на основе категории A , в ВМ ИС, построенную на основе категории B . Второй подход заключается в теоретическом доказательстве существования ковариантного функтора в том случае, если тезаурусы категорий A и B имеют хотя бы один общий элемент. В работе [11] показано использование второго подхода при формировании обобщенного ковариантного функтора, описывающего процесс проектирования распределенных баз данных ИС, причем решение приведено в виде обобщенного алгоритма. Однако этот алгоритм сформулирован с учетом единой природы, а следовательно, и единого тезауруса категорных представлений моделей ИС и ее базы данных. В общем случае такое утверждение несправедливо, поскольку для проектирования обеспечивающей части ИС одновременно может использоваться структурный и объектный подходы к моделированию ИС.

Постановка задачи исследования

Практика разработки ИС различного назначения показывает, что наиболее серьезные противоречия при совместном использовании структурного и объектного подходов к моделированию ИС возникают при стыковке информационного и программного комплексов ИС.

Информационный комплекс представляет собой совокупность интегрированных информационных, программных, технических, организационных и лингвистических решений, обеспечивающих требуемые условия приема, длительного хранения информации и выдачи ее пользователям. Основу данного комплекса составляют решения по структуре базы данных ИС, организации запросов на выдачу данных и процедур ввода данных в базу. Программный комплекс следует рассматривать как объединение интерфейсного и расчетного комплексов. Представляет собой совокупность интегрированных программных, информационных, технических и лингвистических решений, обеспечивающих требуемые условия взаимодействия пользователей с проектируемой ИС и реализацию бизнес-логики, адекватную реальным бизнес-процессам объекта автоматизации. Основу данного комплекса составляют, как правило, программные продукты, реализующие ввод, обработку и отображение необходимой пользователю информации. Основные затруднения в ходе их стыковки возникают в ходе разработки и корректировки по результатам тестирования многочисленных локальных реализаций отдельных элементов программного комплекса, для чего требуется довольно большое количество времени.

Для описания информационного комплекса наиболее часто используют визуальные диаграммы «сущность – связь» (Entity-Relation Diagram, ERD). Данные диаграммы являются наиболее распространенными и присутствуют в реализациях подавляющего большинства структурных технологий визуального моделирования ИС [4, 6].

Для описания программного комплекса используются визуальные модели, среди которых наиболее значимой является диаграмма классов (ДК). Данная диаграмма также является одной из наиболее распространенных среди визуальных моделей программных систем и присутствует в большинстве объектно-ориентированных технологий визуального моделирования ИС [3, 5].

В соответствии с изложенным выше представлением метамодели ИС в виде категории и различных ВМ ИС в виде подкатегорий данной категории и EERD, и ДК можно рассматривать как конкретные категории. Тогда проблему параллельного проектирования информационного и программного комплексов можно сформулировать как задачу детализации модели ковариантного функтора (2), описывающего отображение ДК в ERD

$$\Phi_{ДК}^{ERD} = (G_{\Sigma(ДК)} = (Ob^{ДК}, Mor^{ДК}), \Phi_{Ob^{ДК}}^{Ob^{ERD}}, \Phi_{Mor^{ДК}}^{Mor^{ERD}}, G_{\Sigma(ERD)} = (Ob^{ERD}, Mor^{ERD})), (3)$$

где $G_{\Sigma(ДК)}$ – категория структурированных множеств, которая используется для описания ДК; $Ob^{ДК}$ – класс объектов категории $G_{\Sigma(ДК)}$; $Mor^{ДК}$ – класс морфизмов категории $G_{\Sigma(ДК)}$; $G_{\Sigma(ERD)}$ – категория структурированных множеств, которая используется для описания ERD; Ob^{ERD} – класс объектов категории $G_{\Sigma(ERD)}$; Mor^{ERD} – класс морфизмов категории $G_{\Sigma(ERD)}$; $\Phi_{Ob^{ДК}}^{Ob^{ERD}}$ – база правил трансформации элементов класса объектов категории $G_{\Sigma(ДК)}$ в элементы класса объектов категории $G_{\Sigma(ERD)}$; $\Phi_{Mor^{ДК}}^{Mor^{ERD}}$ – база правил трансформации элементов класса морфизмов категории $G_{\Sigma(ДК)}$ в элементы класса морфизмов категории $G_{\Sigma(ERD)}$.

При этом схема отображения ДК в ERD, аналогично выражению (1), будет иметь вид

$$\begin{array}{ccc} Алф(ДК) & \rightarrow & Алф(ERD) \\ \uparrow & & \downarrow \\ ДК & \rightarrow & ERD \end{array} \quad (4)$$

где $Алф(ДК)$ – формализованное описание алфавита конкретной ДК; $Алф(ERD)$ – формализованное описание алфавита конкретной ERD.

Следовательно, для отображения ДК в ERD необходимо:

- разработать формализованное описание алфавита ДК;
- разработать формализованное описание алфавита ERD;
- выделить общие элементы формализованных описаний алфавитов ДК и ERD;
- исходя из описаний общих элементов определить условия отображения ДК в ERD;
- согласовать формализованные описания общих элементов алфавитов ДК и ERD;
- сформулировать общие правила отображения ДК в ERD.

При этом основное внимание уделяется проблемам разработки формализованных описаний ДК и ERD и выделению общих элементов данных описаний как базиса для последующего определения формализованного описания отображения ДК в ERD.

Изложение материала исследования

Описание ДК в общем случае можно рассматривать как кортеж вида

$$ДК = \langle T, R \rangle, \quad (5)$$

где T – множество типов ДК; R – множество наборов связей (отношений элементов) ДК. При этом множество T в свою очередь определяется как совокупность подмножеств

$$T = T^{const} \cup T^{user}, \quad (6)$$

где T^{const} – подмножество типов ДК, предопределенных в языке моделирования ДК (таким

языком в исследовании является UML); T^{user} – подмножество типов, определяемых пользователями ДК (проектировщиками программного комплекса).

Такое описание позволяет рассматривать совокупность классов, определенных в ДК проектировщиками программного комплекса как подмножество, входящее в подмножество T^{user} . Например, класс C_k из множества классов программного комплекса (C) может быть описан так:

$$C_k \in (C) \subseteq T^{user} = \langle n_{C_k}, H_{C_k}, O_{C_k} \rangle, \quad (7)$$

где n_{C_k} – имя класса C_k ; H_{C_k} – описание класса C_k ; O_{C_k} – множество объектов класса C_k .

В свою очередь описание класса H_{C_k} может быть представлено как кортеж вида

$$H_{C_k} = \langle A_{C_k}, F_{C_k} \rangle, \quad (8)$$

где $A_{C_k} = \{a_{C_k}^j\}$, $j = 0, N$ – множество атрибутов класса C_k ; F_{C_k} – множество операций класса C_k .

Каждый атрибут $a_{C_k}^j$ из множества A_{C_k} может быть описан кортежем вида

$$a_{C_k}^j = \langle n_{C_k}^j, T_j \rangle, \quad (9)$$

где $n_{C_k}^j$ – имя j -го атрибута класса C_k ; T_j – тип j -го атрибута класса C_k .

Формализованное описание множества операций F_{C_k} класса C_k не является предметом рассмотрения данного исследования.

Множество объектов класса $O_{C_k} = \{o_{C_k}^i\}$, $i = 1, 2, \dots$ в общем случае бесконечно, однако в каждой конкретной реализации ДК в виде программного комплекса это множество будет конечным, поскольку реализуется на ЭВМ с конечным объемом памяти. При этом каждый элемент данного множества определяется кортежем вида

$$o_{C_k}^i = \langle v_{C_k}^{ij} \rangle, \quad (10)$$

где $v_{C_k}^{ij}$ – значение j -го атрибута i -го объекта класса C_k .

Множество наборов связей R ДК наиболее целесообразно рассматривать как множество отношений между классами C_a и C_b , поскольку классы являются наиболее многочисленными элементами множества T . Тогда каждый элемент множества R можно описать кортежем следующего вида

$$R_{C_b}^{C_a} \in R = \langle n_R, A_{C_a}^R, A_{C_b}^R, Pow_{C_a}^R, Pow_{C_b}^R, S_{C_a}^R, S_{C_b}^R \rangle, \quad (11)$$

где $R_{C_b}^{C_a}$ – элемент множества наборов связей R ДК; n_R – имя связи $R_{C_b}^{C_a}$; $A_{C_a}^R$ – подмножество атрибутов класса C_a , который участвует в образовании связи $R_{C_b}^{C_a}$, $A_{C_a}^R \subseteq A_{C_a}$; $A_{C_b}^R$ – подмножество атрибутов класса C_b , который участвует в образовании связи $R_{C_b}^{C_a}$, $A_{C_b}^R \subseteq A_{C_b}$; $Pow_{C_a}^R$ – мощность связи $R_{C_b}^{C_a}$ для класса C_a ; $Pow_{C_b}^R$ – мощность связи $R_{C_b}^{C_a}$ для класса C_b ; $S_{C_a}^R$ – степень участия объектов класса C_a в образовании связи $R_{C_b}^{C_a}$; $S_{C_b}^R$ – степень участия объектов класса C_b в образовании связи $R_{C_b}^{C_a}$.

Мощность связи для класса C_k определяется как количество элементов множества объектов O_{C_k} , которые могут участвовать в образовании связи.

В ДК среди всего множества связей выделяют такие подмножества, определяемые типами связей между классами

$$R = \{R_{C_b}^{C_a}\} = R^a \cup R^g \cup R^d, \quad (12)$$

где R^a – подмножество связей типа «ассоциация»; R^g – подмножество связей типа «обобщение»; R^d – подмножество связей типа «зависимость». При этом подмножество R^a также может быть представлено как совокупность подмножеств связей:

$$R^a = R^{comp} \cup R^{agr} \cup R^{oth}, \quad (13)$$

где R^{comp} – подмножество связей типа «композиция»; R^{agr} – подмножество связей типа «агрегация»; R^{oth} – подмножество связей, типы которых не относятся ни к одному из перечисленных выше типов.

Для подмножеств из выражения (12) должно выполняться условие

$$R^{comp} \cap R^{agr} \cap R^{oth} = \emptyset. \quad (14)$$

Однако различие типов связей между классами требует выделения условий существования связей каждого из рассматриваемых типов. Определим эти условия. Так, связь типа «агрегация» $R_{C_b}^{C_a} \in R^{agr}$ будет существовать, если выполняется условие

$$a_{C_a}^j \in A_{C_a} = \langle n_{C_a}^j, T_j \rangle, T_j = C_b \in (C). \quad (15)$$

Связь типа «композиция» $R_{C_b}^{C_a} \in R^{comp}$ будет существовать, если

$$\begin{cases} a_{C_a}^j \in A_{C_a} = \langle n_{C_a}^j, T_j \rangle, T_j = C_b \in (C) \\ \exists o_{C_b}^i, i = 1, 2, \dots \\ \exists v_{C_a}^{ij} \\ v_{C_a}^{ij} = o_{C_b}^i \end{cases} \quad (16)$$

Связь типа «обобщение» $R_{C_b}^{C_a} \in R^g$ будет существовать, если выполняется условие

$$\begin{cases} \exists C_a = \langle n_{C_a}, \langle A_{C_a}, F_{C_a} \rangle, O_{C_a} \rangle \\ o_{C_b}^i = \langle v_{C_a}^{ij} \rangle \cup \langle v_{C_b}^{ij} \rangle \\ F(o_{C_a}^i) = F(o_{C_b}^i) \\ F(o_{C_b}^i) \neq F(o_{C_a}^i) \end{cases}, \quad (17)$$

где F – совокупность операций над объектами классов C_a и C_b , причем операции совокупности F не обязательно принадлежат данным классам.

При этом для связей $R_{C_b}^{C_a} \in R^g$ характеристики $P_{C_a}^R$ и $S_{C_a}^R$ принимают значение 1.

Связь типа «обобщение» $R_{C_b}^{C_a} \in R^d$ будет существовать, если выполняется условие

$$\exists f_{C_b}^j \in F_{C_b} = f(o_{C_a}^i), \quad (18)$$

где $f_{C_b}^j$ – операция, определенная при описании класса C_b .

Важной задачей является также получение формализованного описания ERD. Необходимо отметить, что подобные описания были предметом разработки большого количества научных исследований. Поэтому формализованное описание ERD разрабатывается в данном

исследовании только для поиска общих элементов формализованных описаний алфавитов ДК и ERD, обуславливающих возможность отображения ДК в ERD.

С учетом поставленных целей ERD можно формально описать кортежем вида

$$ERD = \langle E, R, D \rangle, \quad (19)$$

где $E = \{E_i\}$ – множество сущностей ERD, $i = 1, l$; $R = \{R_i\}$ – множество связей, определенных на сущностях множества E и элементах этих сущностей, $i = 1, n$; $D = \{D_i\}$ – множество доменов, определенных в ERD, $i = 1, p$.

Каждая сущность из множества $\{E_i\}$ может быть также описана кортежем вида

$$E_i = \langle n_{E_i}, Tit_{E_i}, B_{E_i} \rangle, \quad (20)$$

где n_{E_i} – имя сущности E_i ; Tit_{E_i} – заголовок сущности E_i ; $B_{E_i} = \{e_{E_i}^k\}, k = 1, 2, \dots$ – тело сущности E_i ; $e_{E_i}^k$ – k -й экземпляр сущности E_i .

Заголовок Tit_{E_i} сущности E_i в свою очередь может быть описан кортежем вида

$$Tit_{E_i} = \langle atr_{E_i}^j \rangle \subseteq Atr_{E_i}, \quad (21)$$

где Atr_{E_i} – множество атрибутов, используемых для формирования заголовков всего множества сущностей E ; $atr_{E_i}^j$ – j -й атрибут, который используется для описания заголовка сущности E_i .

Каждый атрибут $atr_{E_i}^j$ сущности E_i может быть описан кортежем вида

$$atr_{E_i}^j = \langle n_{E_i}^j, D_{E_i}^j \rangle, \quad (22)$$

где $n_{E_i}^j$ – имя атрибута $atr_{E_i}^j$; $D_{E_i}^j$ – домен атрибута $atr_{E_i}^j$, причем $D_{E_i}^j \in D$.

Необходимо отметить, что любой атрибут в ERD может принимать только атомарные, неделимые (для ERD) значения. Каждый экземпляр сущности $e_{E_i}^k$ может быть описан кортежем вида

$$e_{E_i}^k = \langle val_{E_i}^{kj} \rangle, \quad (23)$$

где $val_{E_i}^{kj}$ – значение, которое принимает в экземпляре сущности $e_{E_i}^k$ атрибут $atr_{E_i}^j$, используемый для описания заголовка сущности E_i . При этом $val_{E_i}^{kj} \in D_{E_i}^j$.

Связью $R_i \in R$ в ERD принято называть именованную значащую ассоциацию между двумя сущностями или сущности с самой собой. В общем случае связь $R_i \in R$ между сущностями E_m и E_n может быть описана кортежем вида

$$R_i = \langle n_{R_i}, Atr_{E_m}^{R_i}, Atr_{E_n}^{R_i}, Pow_{E_m}^{R_i}, Pow_{E_n}^{R_i}, S_{E_m}^{R_i}, S_{E_n}^{R_i} \rangle, \quad (24)$$

где n_{R_i} – имя связи R_i ; $Atr_{E_m}^{R_i} \subseteq Atr_{E_m}$ – подмножество атрибутов сущности E_m , участвующих в образовании связи R_i ; $Atr_{E_n}^{R_i} \subseteq Atr_{E_n}$ – подмножество атрибутов сущности E_n , участвующих в образовании связи R_i ; $Pow_{E_m}^{R_i}$ – мощность связи R_i для сущности E_m (количество экземпляров $e_{E_m}^k \in B_{E_m}$, участвующих в образовании связи R_i); $Pow_{E_n}^{R_i}$ – мощность связи R_i для сущности E_n (количество экземпляров $e_{E_n}^k \in B_{E_n}$, участвующих в образовании связи R_i);

$S_{E_m}^{R_i}$ – степень участия сущности E_m в связи R_i , которая определяет обязательность участия экземпляров $e_{E_m}^k \in B_{E_m}$ в связи R_i ; $S_{E_n}^{R_i}$ – степень участия сущности E_n в связи R_i , которая определяет обязательность участия экземпляров $e_{E_n}^k \in B_{E_n}$ в связи R_i .

Анализируя множество связей $R = \{R_i\}$ по степени обязательности участия сущностей в образовании данных связей, можно рассмотреть данное множество как совокупность подмножеств

$$R = R^{00} \cup R^{10} \cup R^{11}, \quad (25)$$

где R^{00} – подмножество связей, необязательных со стороны сущностей E_m и E_n ; R^{10} – подмножество связей, обязательных со стороны сущности E_n и необязательных со стороны сущности E_m ; R^{11} – подмножество связей, обязательных со стороны сущностей E_m и E_n .

Тогда условия принадлежности связи R_i к одному из рассмотренных выше подмножеств, выделенных по степени обязательности участия сущностей в образовании данной связи, определяются следующим образом

$$R_i \in R^{00} \text{ при условии } \begin{cases} S_{E_m}^{R_i} = 0; \\ S_{E_n}^{R_i} = 0; \end{cases}; R_i \in R^{10} \text{ при условии } \begin{cases} S_{E_m}^{R_i} = 1; \\ S_{E_n}^{R_i} = 0; \end{cases}; \quad (26)$$

$$R_i \in R^{11} \text{ при условии } \begin{cases} S_{E_m}^{R_i} = 1; \\ S_{E_n}^{R_i} = 1; \end{cases}; \quad (27)$$

причем

$$S_{E_k}^{R_i} = \begin{cases} 1 \text{ если } \exists e_{E_k}^i \in B_{E_k}; \\ 0 \text{ в противном случае.} \end{cases} \quad (28)$$

Анализируя наиболее распространенные типы связей, образующих множество $R = \{R_i\}$, выделенные по количеству участвующих в образовании экземпляров сущностей, данное множество можно описать следующим образом:

$$R = R^{om} \cup R^{nm}, \quad (29)$$

где R^{om} – подмножество связей типа «один – ко многим»; R^{nm} – подмножество связей типа «многие – ко многим». Связь типа «один – к одному» в данном случае рассматривается как частный случай связи типа «один – ко многим».

Тогда условия принадлежности связи R_i к одному из рассмотренных выше подмножеств, выделенных по количеству участвующих в образовании экземпляров сущностей, определяются так:

$$R_i \in R^{om} \text{ при условии } \begin{cases} Pow_{E_m}^{R_i} = 1; \\ Pow_{E_n}^{R_i} = k, k = 1, p; \end{cases}; R_i \in R^{nm} \text{ при условии } \begin{cases} Pow_{E_m}^{R_i} = k, k = 1, p; \\ Pow_{E_n}^{R_i} = l, l = 1, p; \end{cases}; \quad (30)$$

Для ERD в нотации IDEF1X нет возможности обозначать степень участия сущности со стороны "много", и, при переходе от логической модели данных к физической, подмножество связей R^{nm} отображается в подмножество связей R^{om} .

Чтобы получить детальное описание связей типа «один – ко многим», введем понятие первичного ключа PK_{E_i} для сущности E_i :

$$PK_{E_i} = Atr_{E_i}^{PK} \subseteq Atr_{E_i}, \quad (31)$$

где $Atr_{E_i}^{PK} = \langle atr_{E_i}^{jPK} \rangle$ – подмножество атрибутов, образующих первичный ключ для сущности E_i . Элементы данного подмножества выделяются по следующему условию

$$\begin{cases} val_{E_i}^{kPK} = \{val_{E_i}^{kjPK}\} \subseteq \langle val_{E_i}^{kj} \rangle; val_{E_i}^{kjPK} \neq \emptyset; r(Atr_{E_i}^{PK}) \rightarrow \min; \\ val_{E_i}^{kPK} \neq val_{E_i}^{lPK} \text{ если } k \neq l; \\ val_{E_i}^{kPK} = val_{E_i}^{lPK} \text{ если } k = l. \end{cases} \quad (32)$$

где $val_{E_i}^{kPK}$ – значение первичного ключа для экземпляра сущности $e_{E_i}^k$; $val_{E_i}^{kjPK}$ – значение j -го атрибута, который участвует в образовании первичного ключа, присутствующее в экземпляре сущности $e_{E_i}^k$; $r(Atr_{E_i}^{PK})$ – функция, определяющая мощность подмножества атрибутов $Atr_{E_i}^{PK}$, образующих первичный ключ сущности E_i .

По аналогии с определением первичного ключа введем понятие внешнего ключа FK_{E_m} для некоей сущности E_m . Такой ключ можно описать выражением

$$FK_{E_m} = Atr_{E_m}^{FK} \subseteq Atr_{E_m}, \quad (33)$$

где $Atr_{E_m}^{FK} = \langle atr_{E_m}^{jFK} \rangle$ – подмножество атрибутов, образующих первичный ключ для сущности E_m . Элементы данного подмножества выделяются по условию

$$\begin{cases} \exists E_n, \text{ причем для } e_{E_n}^k \in B_{E_n} \exists e_{E_m}^l \in B_{E_m}; \\ val_{E_n}^{kPK} = val_{E_m}^{lFK}; val_{E_n}^{kPK} = \{val_{E_n}^{kjPK}\}; val_{E_m}^{lFK} = \{val_{E_m}^{ljFK}\}; \\ val_{E_m}^{ljFK} \in D^j; val_{E_n}^{kjPK} \in D^j; D^j \in D, j = 1, t; \end{cases} \quad (34)$$

где $val_{E_n}^{kPK}$ – значение первичного ключа для экземпляра сущности $e_{E_n}^k$; $val_{E_m}^{lFK}$ – значение вторичного ключа для экземпляра сущности $e_{E_m}^l$; $val_{E_n}^{kjPK}$ – значение j -го атрибута, который участвует в образовании первичного ключа, присутствующее в экземпляре сущности $e_{E_n}^k$; $val_{E_m}^{ljFK}$ – значение j -го атрибута, который участвует в образовании внешнего ключа, присутствующее в экземпляре сущности $e_{E_m}^l$; D^j – домен атрибутов $atr_{E_n}^{jPK}$ и $atr_{E_m}^{jFK}$.

Тогда выражение (24) для связи из подмножества R^{om} можно преобразовать:

$$R_i^{om} = \langle n_{R_i}, FK_{E_m}^{R_i}, PK_{E_n}^{R_i}, Pow_{E_m}^{R_i}, Pow_{E_n}^{R_i}, S_{E_m}^{R_i}, S_{E_n}^{R_i} \rangle, \quad (35)$$

при условии

$$\begin{cases} Pow_{E_m}^{R_i} \geq 1; \\ Pow_{E_n}^{R_i} = 1. \end{cases} \quad (36)$$

Связь R_i^{om} будет обязательной со стороны сущности E_n , если выполняется условие $S_{E_n}^{R_i} = 1$. Связь R_i^{om} будет идентифицирующей, если верно условие

$$\begin{cases} FK_{E_m}^{R_i} \subseteq PK_{E_m}^{R_i}; \\ S_{E_n}^{R_i} = 1. \end{cases} \quad (37)$$

При этом сущность E_m является слабой сущностью (ее первичный ключ не может быть определен без участия экземпляра сущности E_n), а E_n – сильной сущностью (при условии, что она не является слабой сущностью в другой связи).

Рассмотрим в качестве общих элементов двух алфавитов классы ДК, с одной стороны, и сущности ERD – с другой. Описания указанных элементов имеют одинаковую структуру. Однако, детализируя описание классов и сущностей, можно увидеть, что некоторое подмножество A_C множества A_C атрибутов ДК не может быть адекватно отображено в множество $Attr_E$ атрибутов ERD. Это связано с тем, что атрибут в ERD обязан быть атомарной единицей, а в ДК атрибут может иметь тип $T_j = C_k \in (C)$ и не являться атомарным.

Таким образом, ДК можно отобразить в ERD только в том случае, когда T_j , определенные для всей ДК, возможно отобразить в D^j , определенные для всей ERD.

Выводы и перспективы дальнейших исследований

Из сказанного следует вывод о возможности существования баз правил $\Phi_{Ob^A}^{Ob^B}$ и $\Phi_{Mor^A}^{Mor^B}$, которые однозначно определяли бы соответствие заранее заданных элементов ДК и ERD. Данные базы правил основываются на общих элементах алфавитов ДК и ERD, а также на общих способах описания данных элементов. Кроме того, выделение общих элементов алфавитов описания ДК и ERD позволяет косвенно подтвердить возможность создания метамодели ИС и ее отдельных обеспечивающих комплексов, которая являлась бы унифицированным описанием ИС с различных точек зрения.

Рассмотренные в статье способы формализованного описания программного и информационного комплексов ИС на базе ДК и ERD являются базой для дальнейших исследований разработки описания правил и условий реализации отображения ДК в ERD и, как следствие, – разработки технологии параллельного проектирования программного и информационного комплексов ИС как наиболее важных компонентов подобных систем.

Список литературы. 1. Кириллов В. Модель жизненного цикла автоматизированной системы: что выбрать? // Компьютеры + Программы. 1996. № 5. 2. Левыкин В.М., Евланов М.В., Пушкарев А.Н. Технология проектирования обеспечивающих комплексов информационных управляющих систем // Радиоэлектроника и информатика. 2003. № 1. С. 37-40. 3. Мацяшек Л.А. Анализ требований и проектирование систем. Разработка информационных систем с использованием UML. М.: Изд. дом «Вильямс», 2002. 432 с. 4. Маклаков С.В. Моделирование бизнес-процессов с BPwin 4.0. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. 224 с. 5. Боггс У., Боггс М. UML и Rational Rose. М.: Лори, 2001. 582 с. 6. Калянов Г.Н. CASE-технологии. Консалтинг в автоматизации бизнес-процессов. М.: Горячая линия-Телеком, 2002. 320 с. 7. Черников А. Программирование бизнеса // Компьютерное обозрение. 2002. № 47. С. 40-46. 8. Фаулер М., Скотт К. UML в кратком изложении. Применение стандартного языка объектного моделирования. М.: Мир, 1999. 191 с. 9. Евланов М.В. Визначення лексикона візуального моделювання інформаційних систем // Наук. вісник Інституту економіки та нових технологій „Нові технології” Кременчук: ІЕНТ, 2004. №. 1-2 (4-5). С. 204-208. 10. Левыкин В.М., Евланов М.В. Задача определения функторов между категорными моделями информационной системы // Проблемы бионики. 2003. Вып. 58. С. 62-67. 11. Левыкин В.М., Евланов М.В., Мухаїрат Мохаммад. Концепція побудови CASE-системи розробки інформаційних управляючих систем // АСУ и приборы автоматики. 2001. Вып. 114. С. 55-59.

Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 14.04.2006

УДК 621.396.677

ККД решіток магнітних випромінювачів, розташованих над межею поділу двох середовищ / П.Л. Токарський, Ю.О. Панченко // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2006. Вип. 146. С. 83–88.

Розглянута задача випромінювання зв'язаних горизонтальних магнітних диполів, розташованих поблизу плоскої поверхні поділу двох середовищ. Одержано вирази для обчислення повної взаємної провідності, взаємної провідності випромінювання і взаємної провідності втрат між магнітними диполями над дисипативним півпростором. Подані розрахункові співвідношення для ККД антенної решітки з таких диполів із довільним розподіленням токів на їх клеммах. Наведено залежності ККД ФАР із магнітних диполів, розташованої над поверхнею реальної землі, від кута фазування променя. Результати обчислень ККД зіставляються з подібними результатами для решіток з електричних диполів.

Іл. 2. Бібліогр.: 19 назв.

UDC 621.396.677

Radiation efficiency of an array of magnetic dipoles located over an interface between two media / P.L.Tokarsky, Yu.O.Panchenko // Radiotekhnika: All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2006. № 146. P. 83–88.

The problem of radiating coupled horizontal magnetic dipoles placed close to the plane interface of two media is considered. The expressions for calculation of the mutual admittance, mutual radiation conductance and mutual loss conductance between the magnetic dipoles over an imperfect half-space are obtained. The expressions for calculating radiation efficiency of the magnetic dipoles array with arbitrary current distribution are also given. Radiation efficiency of the array versus the scan angle is presented. The computation results of the array radiation efficiency are compared with the same results for the array of electrical dipoles.

2 fig. Ref.: 19 items.

УДК 044.03; 658.012.011.56

Параллельное проектирование информационного и программного комплексов информационной системы / В.М. Левыкин, М.В. Евланов, В.С. Сугробов // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2006. Вип. 146. С. 89–98.

Представлен подход к параллельному проектированию элементов информационного и программного комплексов. Вводится формальное описание алфавита диаграммы классов UML и ERD, показана однотипность этих алфавитов. Сделан вывод о возможности создания метаалфавита и разработки правил перехода от диаграммы классов UML к ERD. Существование метаалфавита является основой для параллельного проектирования элементов информационного и программного комплексов.

Бібліогр.: 11 назв.

UDC 044.03; 658.012.011.56

Паралельне проектування інформаційного та програмного комплексів інформаційної системи / В.М. Левикін, М.В. Євланов, В.С. Сугробов // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2006. Вип. 146. С. 89–98.

Представлено підхід до паралельного проектування елементів інформаційного і програмного комплексів. Вводиться формальний опис алфавіту діаграми класів UML і ERD, показана однотипність цих алфавітів. Зроблено висновок про можливість створення метаалфавіту і розробки правил переходу від діаграми класів UML до ERD. Існування метаалфавіту є основою для рівнобіжного проектування елементів інформаційного і програмного комплексів.

Бібліогр.: 11 назв.

UDC 044.03; 658.012.011.56y

Parallel information and software complexes designing / V.M. Levykin, M.V. Evlanov, V.S. Sugrobov // Radiotekhnika: All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2006. № 146. P. 89–98.

An approach to parallel information and software complexes elements designing is considered. The formal description of UML class diagram alphabet and Entity Relation Diagram (ERD) alphabet is introduced, the similarity of these both alphabets is shown. The conclusion about the possibility to create a meta alphabet and develop rules of transformation from UML class diagram to ERD is done. Existence of the meta alphabet is the basis for a parallel information and software elements complex design.

Ref.: 11 items.

УДК 621.371

Применение спутниковой навигации в научных исследованиях и учебном процессе кафедры ОРТ / В.М. Шокало, А.А. Жаліло, Ю.А. Коваль, В.В. Бавыкіна, Г.В. Нестеренко, Д.А. Шелковенков // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2006. Вип. 146. С. 99–106.

Изложены основные этапы становления и развития научных направлений, связанных с применением спутниковых радионавигационных систем на кафедре ОРТ, достигнутые научные и практические результаты.

Табл. 3. Іл. 6. Бібліогр.: 10 назв.

UDC 621.371

Використання супутникової навігації у наукових дослідженнях та навчальному процесі кафедри ОРТ / В.М. Шокало, О.О. Жаліло, Ю.А. Коваль, В.В. Бавикіна, Г.В. Нестеренко, Д.О. Шелковенков // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2006. Вип. 146. С. 99–106.

Викладено основні етапи становлення та розвитку наукових напрямів, що пов'язані з використанням супутникових радіонавігаційних систем на кафедрі ОРТ; наукові та практичні результати, що досягнуто.

Табл. 3. Іл. 6. Бібліогр.: 10 назв.

UDC 621.371

Application of satellite navigation to scientific researches and educational process at the faculty of Foundations of Radio Engineering / V. M. Shokalo, A. A. Zhalilo, Y. A. Koval, V. V. Bavykina, G. V. Nesterenko, D. A. Shelkovenkov // Radiotekhnika: All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2006. N. 146 P. 99–106.