

УДК 044.03; 681.518 : 061

М.В. Евланов

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ФОРМАЛИЗОВАННЫХ ОПИСАНИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО ГЕНА

Рассмотрен подход к формированию информационного гена как метамодели информационной системы организационного управления. Предложены основные принципы представления информационной системы. Разработаны формализованные описания метамодели информационной системы в виде информационного гена.

информационная система, информационный ген, метамодель, информационное пространство, теория категорий

Введение

Проблема представления информационной системы организационного управления. Современные подходы к определению понятия «информационная система организационного управления» (ИС) так же, как и ставшие классическими подходы 1960 – 1980-х гг. к определению понятия «автоматизированная система управления», базируются на представлении ИС как статической системы, используемой для автоматизации управления динамическими процессами объекта автоматизации (ОА), направленными на достижение определенных целей. Однако в резуль-

тате применения подходов, основанных на подобных определениях, неизбежно наступление стадии «старения» жизненного цикла ИС. Данная стадия возникает из-за рассогласования описаний нестабильных во времени бизнес-процессов (БП) ОА и неизменных во времени функциональных задач ИС, ориентированных на автоматизацию управления данными БП.

Необходимо также отметить, что, начиная с первой половины 1980-х гг., наблюдается процесс образования рассогласований между описаниями автоматизируемых БП ОА и функциональных задач и видов обеспечений ИС уже на стадии проектирования ИС. В результате таких рассогласований в

условиях использования каскадного жизненного цикла проектирования ИС, ситуация, когда ИС на последних этапах проектных работ уже не соответствует вновь изменившимся требованиям и особенностям ОА, из маловероятной становится вполне возможной [1]. Появление иных моделей жизненного цикла и методов организации проектных работ является паллиативным решением данной проблемы, поскольку через некоторое время новых модели устаревают, а скорость изменений (организационных, технологических, операционных и т.д.) БП ОА постоянно нарастает.

Сказанное выше требует представления ИС на основных этапах ее жизненного цикла как динамической неравновесной системы, способной изменять свою структуру и содержание в соответствии с изменениями структуры и содержания информации о БП ОА.

Анализ существующих подходов к моделированию информационной системы. В настоящее время модели, описывающие ИС на различных стадиях проектных работ, являются, главным образом, визуальными моделями (ВМ) и создаются с целью облегчить понимание разработчиками ИС предметной области и правил выполнения бизнес-процессов ОА. Однако эффективное использование ВМ затруднено постоянно существующей проблемой их адекватной трансформации, разработанных на различных этапах проектирования ИС. В настоящее время эту проблему решают с помощью так называемых CASE-средств (Computer Aided Soft Engineering) [2]. Но и ВМ, получаемые с помощью CASE-средств, являются не столько результатом работы самого CASE-средства, сколько результатом работы представителей заказчика ИС, аналитика ИС и разработчиков ИС, вкладывающих в формируемую модель свои знания, опыт и приобретенные навыки.

Не менее важной проблемой проектирования ИС является проблема привязки разработанных моделей ИС с элементами системы, которая находится в промышленной эксплуатации.

Подобный подход значительно расширяет область использования моделей ИС, облегчает процессы мониторинга и реинжиниринга эксплуатируемой ИС, а также позволяет упростить методы аналитической обработки хранимой в базе данных ИС информации.

Таким образом, решение проблемы адекватной и надежной трансформации моделей ИС друг в друга является актуальным, поскольку позволит значительно сократить объем работ, выполняемых аналитиками, разработчиками и администраторами ИС в настоящее время вручную. Говоря же об использовании методов формализованного описания обследуемого ОА и проектируемой ИС, следует отметить, что, вне зависимости от используемого подхода к моделированию, существующие методы и средства создания моделей, а также сами модели позволяют только визуализировать определенные в ходе исследования предприятия БП. Ни одна стандартизованная методология, ни одна стандартизованная техно-

логия и ни одно из стандартизованных средств моделирования не позволяют в полном объеме проводить аналитическое исследование БП, которое бы указывало аналитикам на существующие недостатки и возможные способы устранения этих недостатков.

Необходимо отметить, что проблема автоматизации формирования моделей ИС является постоянной проблемой. К настоящему времени имеется несколько равноправных методов решения данной проблемы. Одним из таких методов является создание специализированных описаний и формализованных представлений, которые определяют синтаксис и семантику конкретных реализаций ИС и ее компонентов [3]. Такие описания и формализованные представления М. Фаулер предложил называть метамоделями. Хотя термин «метамодель» в понимании Фаулера приобрел более узкий смысл, суть его осталась та же, что и в традиционной теории систем, где существование метаописания и метамодели является и необходимым, и конструктивным [4].

Некоторые современные исследователи особое внимание обращают не на то, каким образом метамодель можно формализовать и поместить в текст, именуемый «общая теория систем», а на то, что метамодель присутствует в конструкции систем как принцип устройства этой конструкции и одновременно как механизм, обеспечивающий конструирование, существование и взаимодействие множеств моделей [5]. При этом представляется разумным предположить, что реализация метамодели ИС как открытой системы включает в себя не только определенные типы структур данных и взаимодействие этих структур, но и определенные типы и способы организации этих взаимодействий, то есть имеет характер сложно организованной, но целостной системы взаимодействий и способов организации этих взаимодействий. Наиболее приемлемый способ организации метамодели А.О. Поляков в работе [5] видит как реализацию некоторого механизма, обеспечивающего отдельную организацию работы механизма логического вывода и механизма интерпретации результатов вывода.

Выделение нерешенной части проблемы и постановка задачи исследования. Предлагаемый способ организации метамодели открытой системы требует пересмотреть методы описания ИС и отдельных компонентов ИС с целью определения типа базисного описания указанных выше механизмов. В настоящее время практика создания и эксплуатации ИС позволяет выделить три основных способа представления (моделирования) ИС: статические (информационные структуры, диаграммы классов), операционные (модели потоков данных, диаграммы вариантов использования) и динамические модели, которые являются композицией двух перечисленных выше способов [6]. Однако анализ этих моделей показывает, что статические модели являются локальными и определяются точкой зрения отдельного сотрудника на бизнес-процесс или ИС, пользователем которой он является. Не составляет исключения и модель «сущность-связь», которая отражает точку

зрения самой ИС на информацию, которую она обязана переработать и сохранить. Поэтому в качестве базисного следует использовать описания и модели операций, которые должна выполнять ИС. Кроме того, особенности представления ИС как мультистабильной динамической системы [7] показывают, что статические модели любой информации могут в общем случае различаться вследствие прохождения данной информацией перемешивающего слоя.

Сказанное выше требует решения задачи формализованного описания элементов ИС и ИС в целом, которое удовлетворяло бы рассмотренным особенностям создания моделей и метамоделей ИС и ее элементов.

Подход к формированию формализованного описания информационного гена

В общем случае ИС как мультистабильную динамическую систему можно на концептуальном уровне рассматривать как систему объектов одного рода (I-систему), первичными элементами которой должны являться отдельные компоненты ИС, их описания, механизмы интеграции компонентов в ИС. С учетом выдвинутой гипотезы о представлении метамоделей ИС как открытой системы, такую I-систему можно формализованно описать как [8]:

$$I^{ИС} = [U \supseteq \{M_i\} \underline{T} \{R_i\}], \quad (1)$$

$$\begin{array}{ccc} \uparrow\uparrow & & \uparrow\uparrow \\ \{A_i\} & & \{Z_i\} \end{array}$$

где $I^{ИС}$ – обозначение метамоделей ИС как I-системы; U – универсум (вся совокупность) всех возможных первичных элементов I-системы; \supseteq – операция выделения множества первичных элементов $\{M_i\}$ из универсума U по основаниям множества $\{A_i\}$; \underline{T} – операция единства первичных элементов множества $\{M_i\}$ и отношений множества $\{R_i\}$; $\uparrow\uparrow$ – операции назначения основания из множества $\{A_i\}$, по которому будет выделяться первичный элемент множества $\{M_i\}$ либо законов композиции из множества $\{Z_i\}$, по которым будет осуществляться единство конкретных первичных элементов множества $\{M_i\}$ и отношений множества $\{R_i\}$.

Проектирование ИС в этом случае представляется как оперативная координация и интеграция работ, осуществляемых на основе общего формализованного описания метамоделей ИС как I-системы (1), согласующего формализованные описания метамоделей и моделей обеспечивающих комплексов. Данное формализованное описание должно быть понятно любому из средств и методов проектирования обеспечивающих комплексов ИС. Такое формализованное описание I-системы представляет собой информационный ген ИС – последовательность указаний по разработке функциональной структуры (ФС) и обеспечивающей части ИС [9]. По своей сути информационный ген является упорядоченной и

в сильной степени сжатой последовательностью знаний (правил) построения компонент ИС.

Однако в подавляющем большинстве случаев невозможно представить всю совокупность моделей данных и операций над этими данными с использованием одного и того же математического аппарата. Поэтому возникает задача разработки детализированного описания информационного гена, которое учитывало бы следующие особенности:

- различную природу моделей ФС и обеспечивающих комплексов ИС, обусловленную использованием различных математических аппаратов;

- необходимость взаимного отображения моделей ФС и обеспечивающих комплексов ИС друг друга;

- необходимость выявления и устранения противоречий между моделями ФС и обеспечивающих комплексов ИС, а также между отдельными элементами моделей ФС и обеспечивающих комплексов ИС.

Реализация логики дополнительности в ИС становится возможной, если рассматривать проектируемую ИС как совокупность объектов-источников информации (ОИИ) и объектов-приемников информации (ОПИ). При этом следует учесть, что ИС должна представлять собой с точки зрения ее пользователей единый ОПИ, принимающий любую входную информацию, а также единый ОИИ, формирующий всю совокупность требуемой выходной информации. Такое представление позволяет выделить такую последовательность элементарных процессов.

Процесс 1. Пользователь передает информацию в специальный модуль приема информации (МПИ) функциональных задач (ФЗ) ИС, представляющий собой совокупность структурированных неким образом представлений ИС об ОА, пользователе, внешнем мире [10]. С помощью МПИ ИС получает информацию, необходимую для выработки, принятия и реализации управляющих воздействий на ОА. В данном элементарном процессе пользователь выступает как ОИИ, МПИ – как ОПИ, а объект-промежуточный носитель информации (ОПНИ) в данном случае отсутствует.

Процесс 2. МПИ передает информацию через специальный модуль обработки данных и принятия решений (МОДПР) в информационное пространство ИС. МОДПР обеспечивает обработку поступающих данных и реализацию этапов принятия решений по управлению ОА или его подразделениями в соответствии с правилами выполнения БП ОА [10]. В данном элементарном процессе МПИ выступает как ОИИ, МОДПР – как ОПНИ, а информационное пространство ИС – как ОПИ.

Процесс 3. ИС извлекает информацию из своего информационного пространства и передает ее через МОДПР в специальный модуль отображения информации (МОИ) ФЗ ИС, представляющие собой совокупность структурированных неким образом представлений ИС об ОА, пользователе, внешнем мире. С помощью этих представлений ИС представляет пользователю информацию, необходимую для выработки,

принятия и реализации управляющих воздействий на ОА [10]. В данном элементарном процессе информационное пространство ИС выступает как ОИИ, МОДПР – как ОПНИ, а МОИ – как ОПИ.

Процесс 4. МОИ ФЗ ИС передает информацию пользователю для выработки, принятия и реализации управляющих воздействий на ОА. В данном элементарном процессе МОИ выступает как ОИИ, пользователь – как ОПИ, а ОПНИ в данном случае отсутствует.

Основываясь на предложенном представлении процессов информационного обмена между пользователем и элементами ИС, становится возможным отказаться от представления ИС как совокупности различных ФЗ и реализующих эти задачи видов обеспечений или обеспечивающих комплексов. Выделение типовых по своему назначению модулей позволяет представить схему информационного взаимодействия между элементами ИС в виде, показанном на рис. 1 [10].

Назначение, структура и содержание остальных блоков, представленных на рис. 1, подробно рассмотрены в [10].

Данная схема построена на двух основных принципах: принципе открытости ИС для потоков из внешней среды и принципе операционной замкнутости. Реализация принципа открытости (в нашем случае – информационной) ИС препятствует достижению системой термодинамического равновесия. Для подобных систем существует только динамическое равновесие (так называемое стационарное состояние), неустойчивость которого, как правило, влечет за собой переход от одного состояния к другому. Реализация принципа операционной замкнутости приводит к тому, что реакцию в ИС вызывает не информация, поступающая из внешнего мира или от ОА, а любые помехи, выходящие ИС из стационарного состояния, т.е. система сама генерирует собственное поведение [11]. Следовательно, построение МПИ и МОИ в рамках динамической неравновесной мультистабильной ИС возможно только в том случае, если данные модели рассматриваются как отдельные самостоятельные фрагменты единого общесистемного информационного пространства. Будем исходить из того, что данное информационное пространство в общем случае обладает следующими свойствами:

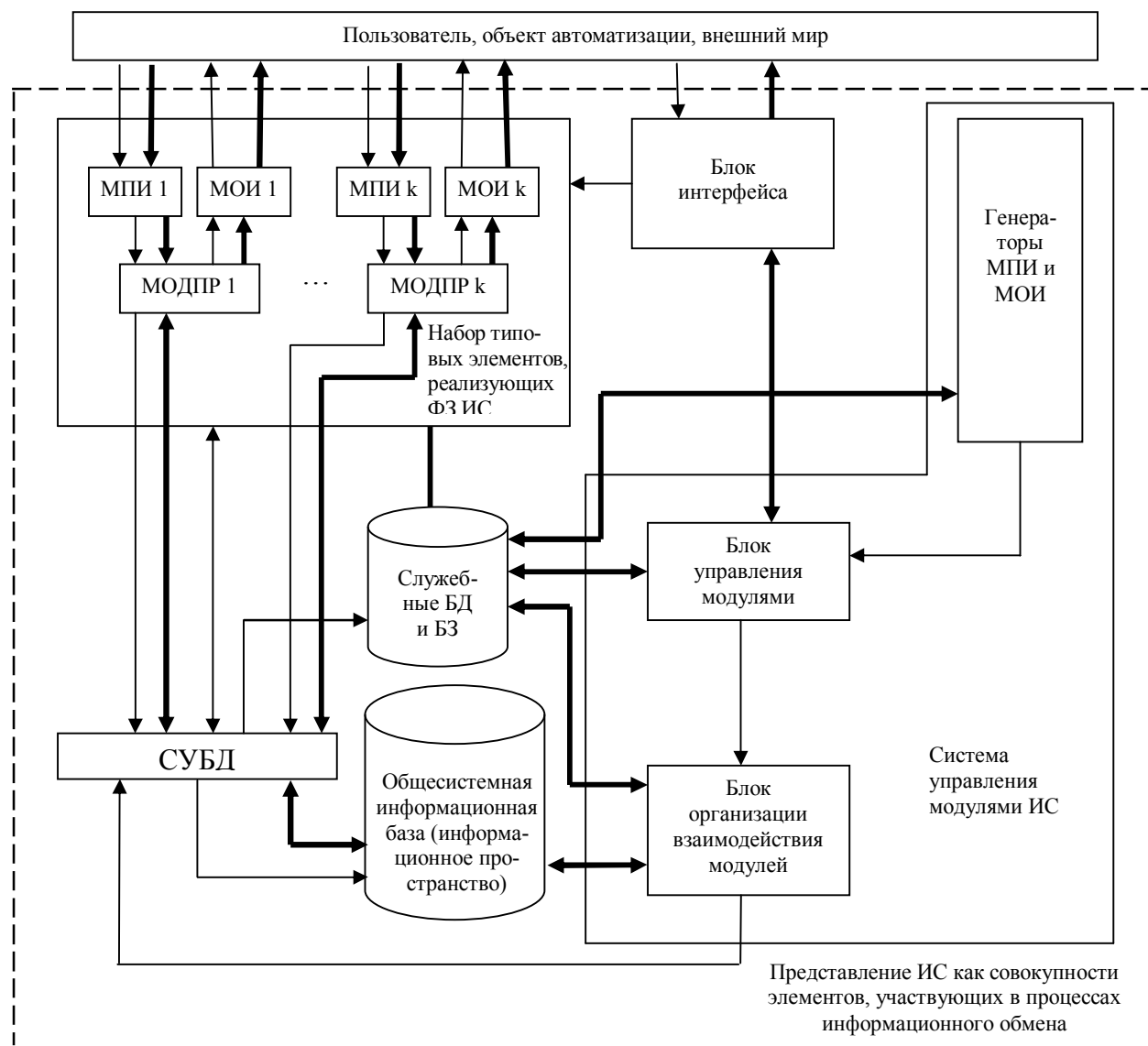


Рис. 1. Схема структуры мультистабильной динамической информационной системы

– бесконечностью (возможно постоянное формирование новых областей информационного пространства, приводящих к выходу ИС из стационарного состояния);

– нелинейностью (данное пространство неевклидово, однако возможны отображения общесистемного информационного пространства в ряд других, в том числе евклидовых, пространств);

– изотропностью (свойства общесистемного информационного пространства не зависят от направления).

Тогда для формирования метамодели ИС на основе информационного гена следует выделить для одновременного рассмотрения следующие взаимосвязанные формализованные представления [12]:

– описание областей общесистемного информационного пространства (кластеров), на которых следует определять конкретные МПИ и МОИ ИС;

– описание операций микроуровня, которые отражают взаимосвязи между отдельными элементами кластеров информационного пространства;

– описание подгруппы операций макроуровня, обеспечивающих интеграцию отдельных кластеров информационного пространства и операций микроуровня, определенных на этих кластерах, в виде преобразований метамодели ИС, в ходе которых изменяется ее структура и содержание;

– описание подгруппы операций макроуровня в виде отображений метамодели ИС в метамодели и модели обеспечивающих комплексов ИС.

Разработка формализованных описаний областей информационного пространства

В качестве вариантов реализации МПИ, МОИ и МОДПР в организационных ИС обычно рассматриваются бумажные или электронные документы. В соответствии с требованиями к стандартизации документов, каждый документ как вариант реализации МПИ, МОИ или МОДПР ИС можно охарактеризовать набором реквизитов «заголовок к тексту» и «текст документа». Реквизит «заголовок документа» позволяет однозначно идентифицировать тип и экземпляр документа. Реквизит «текст документа» позволяет не только определить смысл документа, но и выявить структуру документа. Обобщенный вариант структуры документа может иметь вид, показанный на рис. 2 [13].

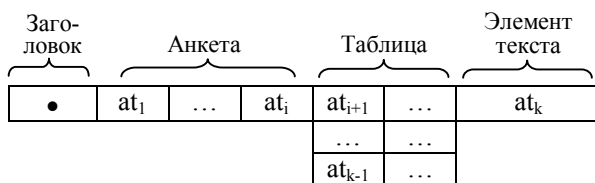


Рис. 2. Схема обобщенной структуры типового документа как совокупности элементов информационной системы

На рис. 2 приняты следующие обозначения: • – заголовок, однозначно идентифицирующий доку-

мент; at₁ ... at_i – информационные атрибуты документа, относящиеся к типу «анкета» (их значения встречаются в каждом конкретном экземпляре документа только один раз); at_{i+1} ... at_{k-1} – информационные атрибуты документа, относящиеся к типу «таблица» (их значения встречаются в каждом конкретном экземпляре документа несколько раз); at_k – информационные атрибуты документа, относящиеся к типу «текст».

Такой подход позволяет определить любой документ d_i, реализуемый в каком-либо модуле ИС, как множество, состоящее из следующих элементов [14]:

$$d_i \in P_{IS} = (p_{\bullet_i}, (p_{an_i}, p_{t_i}, p_{tx_i})), \quad (2)$$

где P_{IS} – множество атрибутов всей совокупности документов проектируемой ИС; p_{•_i} – подмножество атрибутов, описывающих заголовки документов проектируемой ИС, p_{•_i} = [at_{•_{i1}}, ..., at_{•_{iz}}]; (p_{an_i}, p_{t_i}, p_{tx_i}) – набор элементов множества P_{IS}, описывающих структуру документа с заголовком •_i; p_{an_i} – подмножество атрибутов типа «анкета» документа d_i проектируемой ИС с заголовком •_i, p_{an_i} = [at_{i1}, ..., at_{ik}]; p_{t_i} – подмножество атрибутов типа «таблица» документа d_i проектируемой ИС с заголовком •_i, p_{t_i} = [at_{i(k+1)}, ..., at_{i(m-1)}]; p_{tx_i} – подмножество атрибутов типа «текст» документа d_i проектируемой ИС с заголовком •_i, p_{tx_i} = [at_{im}, ..., at_{iN}]; at_{ij} – формализованное описание j-го атрибута, используемого для формализованного описания документа d_i проектируемой ИС с заголовком •_i, j = 1, ..., N.

В соответствии с определением модели В.М. Глушкова [15] теоретико-множественное описание документа d_i (2) будет моделью МПИ, МОИ или МОДПР в том случае, если возможно определить совокупность предикатов π_{d_i} на множестве атрибутов [at_{•_{i1}}, ..., at_{•_z}, at_{i1}, ..., at_{iN}], используемых для формализованного описания документа d_i. Данная совокупность предикатов будет состоять, в частности, из следующих подмножеств:

– подмножество структурного упорядочивания π_{d_i}^{str}, предикаты которого определяют структуру документа d_i и порядок следования атрибутов в соответствии с данной структурой;

– подмножество вычислений π_{d_i}^{calc}, предикаты которого определяют правила вычисления отдельных атрибутов документа d_i на основе других атрибутов данного документа;

– подмножество соответствий π_{d_i}[↔], предикаты которого определяют соответствия значений между атрибутами документа d_i.

Следует отметить, что предикаты подмножеств $\pi_{d_i}^{calc}$ и $\pi_{d_i}^{\leftrightarrow}$ являются не чем иным, как частичными операциями на подмножествах P_{\bullet_i} , P_{an_i} , P_{t_i} и P_{tx_i} и образуют частичную алгебру документа d_i . Универсальными операции подмножеств $\pi_{d_i}^{calc}$ и $\pi_{d_i}^{\leftrightarrow}$ будут только в том случае, если они будут однозначно определены для всех документов, реализуемых в проектируемой ИС.

Таким образом, становится возможным определить модель каждого МПИ, МОИ или МОДПР как множество моделей документов, являющихся вариантами реализации соответствующего модуля. В дальнейшем термином «модуль» будем обозначать только МПИ, МОИ или МОДПР, участвующие в процессах информационного обмена. Модель каждого из модулей в этом случае будет иметь следующий вид:

$$M(mis_j) = \{ \langle (P_{\bullet_i}, (P_{an_i}, P_{t_i}, P_{tx_i})); [\pi_{d_i}^{str}, \pi_{d_i}^{calc}, \pi_{d_i}^{\leftrightarrow}] \rangle | i = 1, 2, \dots, n \}, \quad (3)$$

где $M(mis_j)$ – обозначение модели j -го модуля проектируемой ИС, $j = 1, \dots, D$; mis_j – обозначение j -го модуля проектируемой ИС; D – количество модулей, реализуемых в ИС; n – количество документов, реализуемых в рассматриваемом модуле.

Выражение (3) является описанием кластера нелинейного информационного пространства, элементы которого могут быть зависимы друг от друга. При этом с точки зрения общесистемного информационного пространства различия между элементами таких кластеров проявляется не столько в их характеристиках, сколько в способе формирования, то есть является не статическим, а операционным свойством.

Представление модели модуля проектируемой ИС выражением (3) позволяет ввести понятие «кластер атрибутов». Кластером атрибутов здесь и в дальнейшем будем называть совокупность линейно независимых атрибутов отдельного документа d_i с общими динамическими характеристиками (например, источник и время возникновения), которые могут иметь самостоятельную семантическую ценность. Такие кластеры атрибутов (в зависимости от целей исследования) могут определять структуру документа с заголовком \bullet_i ; структуру элемента типа «анкета» документа с заголовком \bullet_i ; структуру элемента типа «таблица» документа с заголовком \bullet_i ; структуру элемента типа «текст» документа с заголовком \bullet_i .

Тогда кластер общесистемного информационного пространства, на котором будет реализован конкретный модуль, можно описать как область пространства, структурированное множество элементов которого определяется как совокупность кластеров атрибутов документов, реализуемых в данном модуле. Процесс формирования кластера

общесистемного информационного пространства в общем случае может быть представлен отображением следующего вида:

$$F_{IC_j}^{M(mis_j)} : \begin{cases} \{M(mis_j) | j = 1, \dots, D\} \rightarrow IC \\ M(mis_j) \rightarrow IC_j \end{cases}, \quad (4)$$

где IC – общесистемное информационное пространство проектируемой ИС; IC_j – кластер общесистемного информационного пространства, который обеспечивает реализацию и функционирование j -го модуля; в общем случае этот кластер имеет вид

$$IC_j = \{ [at_{\bullet_{i1}}, \dots, at_{\bullet_{iy}}, at_{i1}, \dots, at_{iM}]; \pi_{d_i}^{str} | i = 1, 2, \dots, k \}, \quad (5)$$

k – количество документов, модели которых используются в процессе формирования j -го кластера общесистемного информационного пространства, $k \leq n$; y – количество линейно независимых атрибутов, которые используются для описания заголовка i -го документа, $y \leq z$; M – количество линейно независимых атрибутов, которые используются для описания содержимого i -го документа и его отдельных структурных частей, $M \leq N$.

Множество (5) в общем случае является описанием вершин абстрактного симплекса [16], характеризующего все возможные значения каждого из атрибутов, участвующих в его формировании. Тогда полностью общесистемное информационное пространство ИС можно представить как полиэдр $|IC|$, формируемый из всех возможных значений всех атрибутов, обеспечивающих реализацию и функционирование всех модулей проектируемой ИС. Данный полиэдр определяется абстрактным комплексом IC , который является множеством всех абстрактных симплексов IC_i , реализуемых в ИС в виде МПИ, МОИ и МОДПР.

Тогда с точки зрения заказчика проектируемой ИС каждая ФЗ как отдельный и способный существовать самостоятельно элемент разрабатываемой ФС ИС может быть описана подкатегорией вида [17]:

$$G_{fz_i} = [D_i, 1_{D_i}, Mor_{rec_i}, Mor_{hol_i}], \quad (6)$$

где G_{fz_i} – обозначение подкатегории, описывающей симплекс IC_i , на котором осуществляется формирование МПИ, МОИ и МОДПР, описывающих конкретную ФЗ ИС и являющихся неделимыми элементами проектируемой ИС; $D_i \subset D$ – подмножество локальных структур входных и выходных данных, необходимых в ходе решения i -ой ФЗ ИС; 1_{D_i} – подмножество операций генерации новой информации, выполняемых в ходе решения i -ой ФЗ ИС, определенное как подмножество единичных морфизмов подкатегории G_{fz_i} ; Mor_{rec_i} – подмножество операций рецепции информации, выполняемых в ходе решения i -ой ФЗ ИС, определенное как

подмножество морфизмов подкатегории $G_{\Phi_3 i}$; Mor_{hol_i} – подмножество операций рецепции информации, выполняемых в ходе решения i -ой ФЗ ИС, определенное как подмножество морфизмов подкатегории $G_{\Phi_3 i}$.

Категорное описание всей ФС проектируемой ИС с точки зрения заказчика в этом случае будет представлять собой категорию структурированных множеств следующего вида [17]:

$$G_{\Phi C} = [D, I_D, Mor_{rec}, Mor_{hol}], \quad (7)$$

где $G_{\Phi C}$ – обозначение обобщенного категорного описания ФС проектируемой ИС; D – множество объектов категории $G_{\Phi C}$, которое состоит из локальных структур входных и выходных данных, необходимых в ходе решения отдельных ФЗ ИС, и определяется как множество, формируемое в результате выполнения следующей операции:

$$D = \bigcup_{i=1}^k D_i, \quad (8)$$

k – количество ФЗ, реализуемых в проектируемой ИС; I_D – подмножество единичных морфизмов категории $G_{\Phi C}$, которые описывают операции генерации новой информации проектируемой ИС; Mor_{rec} – подмножество морфизмов категории $G_{\Phi C}$, которые описывают операции рецепции информации проектируемой ИС; Mor_{hol} – подмножество морфизмов категории $G_{\Phi C}$, которые описывают операции хранения информации проектируемой ИС.

Процесс синтеза ФС ИС и, в частности, процесс формирования множества D следует рассматривать как результат интеграции отдельных элементов в соответствии с законами композиции подмножества $\{Z_C\} \subseteq \{Z_i\}$. В качестве таких элементов рассматриваются отдельные ФЗ, из которых следует синтезировать ФС в соответствии с одним из способов ее представления. Тогда процесс формирования конкретного варианта ФС ИС можно рассматривать как выделение на категории (7) класса факторобъектов, возникающих в результате интеграции отдельных ФЗ в функциональную подсистему, контур или модуль ИС [17].

С точки зрения разработчика проектируемая ИС состоит, как показано выше, не из совокупности отдельных ФЗ, а из совокупности отдельных МПИ, МОИ и МОДПР, реализующих соответствующие ФЗ. Поэтому выражения (6) и (7) примут соответственно следующий вид:

$$L_j = [IC_j, I_{IC_j}, Mor_{rec_j}, Mor_{hol_j}]; \quad (9)$$

$$L = [IC, I_{IC}, Mor_{rec}, Mor_{hol}], \quad (10)$$

где L – категория топологических пространств, определяющая структуру полиэдра $|IC|$; L_j – подкатегория топологических пространств, определяющая структуру элементарного фрагмента полиэдра $|IC|$, описываемого симплексом IC_j .

Тогда становится возможным формирование информационного гена как операционной метамодели ИС, которая определяется выбранным заказчиком вариантом ФС ИС, структурой и содержанием документов, реализуемых отдельными ФЗ проектируемой ИС. Данная операционная модель ИС в общем случае будет иметь вид [17]:

$$I^{\Phi C} = [U \supseteq \{M_C\} \underline{T} \{R_C\}], \quad (11)$$

$$\begin{matrix} \uparrow\uparrow & & \uparrow\uparrow \\ \{A_C\} & & \{Z_C\} \end{matrix}$$

где $I^{\Phi C}$ – обозначение информационного гена как И-системы, отражающей особенности ФС проектируемой ИС; U – универсум (вся совокупность) всех возможных ФЗ, которые могут быть реализованы в ИС; \supseteq – операция выделения множества данных $\{M_C\}$ из универсума U исходя из функциональных требований (оснований) множества $\{A_C\}$; \underline{T} – операция единства первичных элементов m множества $\{M_C\}$ и отношений r множества операций микроуровня $\{R_C\}$; $\uparrow\uparrow$ – операции назначения функционального требования (основания) a множества $\{A_C\}$, по которому будет выделяться первичный элемент m множества $\{M_C\}$ либо законов композиции z множества $\{Z_C\}$, по которым будет осуществляться единство конкретных первичных элементов m множества $\{M_C\}$ и отношений r множества $\{R_C\}$.

В выражении (11) множество законов композиции $\{Z_C\}$ следует рассматривать как множество правил выделения факторобъектов путем назначения плотных коконусов морфизмов, отражающих объекты различных подкатегорий $G_{\Phi_3 i}$ в объект, описывающий функциональную подсистему, контур или модуль ФС ИС. Обозначим такие коконусы как $(\phi_j, j \in J)$, где J – количество выделяемых локальных структур входных и выходных данных. Тогда закон композиции, определяющий один из трех отмеченных выше подходов к представлению ФС ИС, может быть рассмотрен как одно из следующих условий [17]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bigcap_{j \in J} (\phi_{jk}, k \in K) \rightarrow \emptyset; \\ \bigcap_i I_{D_i} \rightarrow \emptyset; \\ \bigcap_i Mor_{rec_i} \rightarrow \min; \\ \bigcap_i Mor_{hol_i} \rightarrow \emptyset; \end{array} \right. \quad (12) \quad \left\{ \begin{array}{l} \bigcap_{j \in J} (\phi_{jk}, k \in K) \rightarrow \emptyset; \\ \bigcap_i I_{D_i} \rightarrow \emptyset; \\ \bigcap_i Mor_{rec_i} \rightarrow \min; \\ \bigcap_i Mor_{hol_i} \rightarrow \min; \end{array} \right. \quad (13)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bigcap_{j \in J} (\phi_{jk}, k \in K) \rightarrow \min; \\ \bigcap_i I_{D_i} \rightarrow \min; \\ \bigcap_i Mor_{rec_i} \rightarrow \min; \\ \bigcap_i Mor_{hol_i} \rightarrow \min. \end{array} \right. \quad (14)$$

Условие (12) используется при выделении функциональных подсистем проектируемой ИС. Условие (13) используется при выделении функциональных контуров проектируемой ИС. Условие (14) используется при выделении ФМ проектируемой ИС.

С учетом представления информационного гена как топологической метамодели проектируемой ИС, выражение (12) можно представить следующим образом:

$$I^{FC} = [U \underset{\substack{\uparrow\uparrow \\ \{A_C\}}}{\supseteq} [IC, I_{IC}, \underset{\substack{\uparrow\uparrow \\ \{Z_C\}}}{\text{Mor}_{rec}}, \text{Mor}_{hol}]], \quad (15)$$

а законы композиции (12) – (14) примут, соответственно, следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bigcap_{i \in J} (\phi_{ik}, k \in K) \rightarrow \emptyset; \\ \bigcap_j I_{IC_j} \rightarrow \emptyset; \\ \bigcap_j \text{Mor}_{rec_j} \rightarrow \min; \\ \bigcap_j \text{Mor}_{hol_j} \rightarrow \emptyset; \end{array} \right. \quad (16) \quad \left\{ \begin{array}{l} \bigcap_{i \in J} (\phi_{ik}, k \in K) \rightarrow \emptyset; \\ \bigcap_j I_{IC_j} \rightarrow \emptyset; \\ \bigcap_j \text{Mor}_{rec_j} \rightarrow \min; \\ \bigcap_j \text{Mor}_{hol_j} \rightarrow \min; \end{array} \right. \quad (17)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bigcap_{i \in J} (\phi_{ik}, k \in K) \rightarrow \min; \\ \bigcap_j I_{IC_j} \rightarrow \min; \\ \bigcap_j \text{Mor}_{rec_j} \rightarrow \min; \\ \bigcap_j \text{Mor}_{hol_j} \rightarrow \min. \end{array} \right. \quad (18)$$

Выводы и перспективы дальнейших исследований

Предлагаемый в данной статье подход позволит принципиально новым образом взглянуть на проектирование ИС. Ранее было невозможно начинать микропроектирование ИС без предварительного анализа и синтеза всей ФС ИС (макропроектирование). Здесь же за счет создания механизма мутации информационного гена становится возможным в любой момент времени возвращаться к макропроектированию ИС с учетом новых требований к системе, а за счет реализации механизма регенерации можно восполнять пропущенные при выявлении и анализа требований структуры «документов» и операции над ними. Однако для полной реализации заявленных в данной статье возможностей следует провести работы по исследованию и разработке формализованных описаний операций микроуровня и операций макроуровня.

Список литературы

1. Кириллов В. Модель жизненного цикла автоматизированной системы: что выбрать? // Компьютеры + Программы. – 1996. – № 5. – С. 31-36.

2. Калянов Г.Н. CASE: Структурный системный анализ. – М.: Лори, 1996. – 242 с.

3. Фаулер М., Скотт К. UML в кратком изложении. Применение стандартного языка объектного моделирования. – М.: Мир, 1999. – 191 с.

4. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. – М.: Мир, 1978. – 312 с.

5. Лачинов В.М., Поляков А.О. Информодинамика или Путь к Миру открытых систем. – С.-Пб.: СПбГТУ, 1999. – 230 с.

6. Мацяшек Л.А. Анализ требований и проектирование систем. Разработка информационных систем с использованием UML. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 432 с.

7. Чернавский Д.С. Синергетика и информация (динамическая теория информации). – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 288 с.

8. Євланов М. Використання апарату загальної теорії систем для управління інформатизацією державних організацій // Вісник Академії митної служби України. – 2005. – № 2 (26). – С. 77-80.

9. Левыкин В.М., Евланов М.В., Складов А.А. Генный подход к созданию сложных информационных управляющих систем // АСУ и приборы автоматки. – 2001. – Вып. 114. – С. 39-42.

10. Евланов М.В. Влияние принципов самоорганизации на процессы создания информационных управляющих систем // Проблемы бионики. – 1999. – Вып. 51. – С. 100-105.

11. Концепция самоорганизации в исторической ретроспективе: Сборник статей. – М.: Наука, 1992. – 239 с.

12. Евланов М.В. Использование положений общей теории систем для моделирования процессов разработки информационных систем организационного управления // 2-й Межд. радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2005: Сб. научн. тр. Т. III. Международная конференция «Информационные системы и технологии». – Х.: АНПРЭ, ХНУРЭ. – 2005. – С. 67-70.

13. Евланов М.В., Мухайрат Мохаммад. Элементы технологии определения типов связей в логических моделях распределенных баз данных // АСУ и приборы автоматки. – 2001. – Вып. 116. – С. 54-59.

14. Левыкин В.М., Евланов М.В., Кондратьева Л.М. Применение синергетических моделей для описания процессов разработки информационных систем // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 2/2 (14). – С. 83-88.

15. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Юценко Е.Л. Алгебра. Языки. Программирование. – К.: Наук. думка, 1989. – 376 с.

16. Понтрягин Л.С. Основы комбинаторной топологии. – М.: Наука, 1986. – 120 с.

17. Левыкин В.М., Евланов М.В. Метамодель функциональной структуры информационной системы // Нові технології. Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління. – 2006. – № 1 (11). – С. 67-72.

Поступила в редколлегию 28.12.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.П. Пуятин, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.