

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МАКРОИНФОРМАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Анализируются основные проблемы разработки современных информационных систем. Выделяется подход к проектированию информационных систем как динамических мультистабильных систем. Предлагается подход к выявлению и устранению противоречий, возникающих в процессе проектирования информационных систем. Разрабатывается модель процессов распространения новой макроинформации в информационной системе.

1. Введение

Современный подход к разработке информационных систем (ИС) управления предприятиями и организациями связан с представлением их в виде открытых систем, построенных по модульному принципу. Такой подход является следствием реализации двух основных принципов: принципа открытости ИС для информационных потоков из внешней среды и принципа операционной замкнутости ИС. Реализация принципа информационной открытости ИС для потоков из внешней среды 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 только информация, поступающая из внешнего мира или от объекта автоматизации, а любые помехи, выводящие ИС из стационарного состояния. В этом случае система сама генерирует собственное поведение [1, 2].

Однако такое представление ИС требует изменения моделей и методов моделирования ИС и ее отдельных компонентов. При этом особое внимание следует уделять возможности описания динамических процессов, происходящих в ИС, новыми и улучшенными моделями. Кроме того, весьма острой в настоящее время является проблема выработки единого стандарта языков объектно-ориентированного моделирования предметной области и проектируемых ИС. Отсутствие такого стандарта значительно тормозит развитие перспективных технологий разработки программных систем, среди которых можно особо отметить технологию Model Driven processes Architecture.

Сказанное выше требует разработки нового подхода к формализованному описанию ИС и ее элементов, который учитывал бы особенности динамических процессов, протекающих в функционирующей ИС.

2. Анализ положений динамической теории информации

В настоящее время решение проблем описания ИС как динамической системы предлагает динамическая теория информации (ДТИ). С точки зрения ДТИ, термин «ИС» следует употреблять по отношению к системе, которая способна [3]:

- а) воспринимать (рецептировать) информацию;
- б) запоминать информацию;
- в) генерировать новую информацию.

Дополнительно к указанным свойствам, ИС согласно ДТИ должна :

- а) использовать информацию для достижения цели;
- б) обрабатывая информацию, извлекать из нее ценную.

При этом следует отметить, что под термином «информация» в ДТИ нужно понимать термин «макроинформация» - изначально случайный, а затем запомненный выбор одного или нескольких осуществленных вариантов из всей совокупности возможных и равноправных.

Использование положений ДТИ позволяет сформировать формализованное описание ИС и ее элементов в виде совокупности правил разработки моделей и проектных решений. Такое описание будет метамоделью ИС - специализированных описаний и формализованных представлений, которые определяют синтаксис и семантику конкретных реализаций ИС и ее компонентов [4].

В качестве такой метамодели предлагается рассматривать информационный ген - последовательность указаний по разработке функциональной структуры и обеспечивающей части ИС [5, 6]. По своей сути информационный ген является упорядоченной и в сильной степени сжатой последовательностью знаний (правил) создания компонент ИС. В [6] были предложены категорно-топологические формализованные описания информационного гена для ИС управления предприятиями и организациями, имеющие вид

$$L_j = [IC_j, I_{IC_j}, Mor_{rec_j}, Mor_{hol_j}], \quad (1)$$

$$L = [IC, I_{IC}, Mor_{rec}, Mor_{hol}], \quad (2)$$

где L - категория топологических пространств, определяющая структуру полиэдра $|IC|$; L_j - подкатегория топологических пространств, определяющая структуру элементарного фрагмента полиэдра $|IC|$, описываемого симплексом IC_j ; I_{IC_j}, I_{IC} - подмножества единичных морфизмов, которые описывают операции генерации новой информации проектируемой ИС; Mor_{rec_j}, Mor_{rec} - подмножества морфизмов, которые описывают операции рецепции информации проектируемой ИС; Mor_{hol_j}, Mor_{hol} - подмножества морфизмов, которые описывают операции хранения информации проектируемой ИС.

3. Выделение нерешенных проблем моделирования информационной системы и постановка задачи исследования

Предлагаемый подход и предложенные в [6] категорные описания структуры информационного гена рассматривают операции микроуровня как морфизмы, определяющие связи элементов классов объектов этих категорных описаний. В работах [7, 8] приведены результаты разработки математических моделей операций генерации новой информации и рецепции существующей информации.

Однако в настоящее время одной из основных трудностей создания и использования моделей и метамоделей ИС (в том числе – информационного гена) является отсутствие теоретического аппарата и методов, позволяющих проанализировать результаты моделирования ИС на внутреннюю непротиворечивость. Особенную важность подобный аппарат приобретает в условиях широкого использования принципов и методов объектно-ориентированного проектирования ИС, поскольку данный подход предполагает изначальную субъективность моделирования ИС и ее элементов. Поэтому в данной статье основное внимание уделено решению проблемы анализа информационного гена проектируемой ИС в целях выявления и устранения внутренних противоречий.

4. Изложение основного материала исследования

Проведенный в [3] анализ особенностей операций, осуществляемых над информацией в динамической мультстабильной ИС, позволяет сделать вывод, что нарушение устойчивых состояний ИС является следствием выполнения исключительно операций генерации новой информации, поскольку только такие операции формируют новые устойчивые состояния ИС. При этом основными противоречиями, влияющими на процесс генерации новой информации, являются:

- а) конкурентное взаимодействие элементов информационного пространства в процессе выполнения операции генерации новой информации конкретного типа;
- б) замещение (замена) элемента с генерируемой информацией конкретного типа другим элементом, обладающим информацией другого типа.

Данные противоречия возникают в ходе проектирования ИС в силу действия целого ряда причин, которые можно свести к двум основным проблемам:

- различие представлений предметной области и проектируемой ИС участниками проекта;
- конфликты относительно одних и тех же данных между участниками проекта [9].

Влияние противоречий на выполнение конкретной операции генерации новой информации может привести ИС к одному из следующих состояний [10].

Состояние 1. Операция генерации новой информации осуществляется одним элементом информационного гена, а сгенерированная информация распространяется в ИС в соответствии со структурными особенностями информационного гена.

Состояние 2. Операция генерации новой информации осуществляется одним элементом информационного гена, однако на пути распространения сгенерированной информации наблюдаются обрывы маршрутов распространения информации.

Состояние 3. Операция генерации одной и той же новой информации осуществляется несколькими элементами информационного гена, а распространение сгенерированной информации в соответствии со структурными особенностями информационного гена приводит к противоречивости результатов выполнения этих операций в ряде элементов ИС.

Состояние 4. Операция генерации одной и той же новой информации осуществляется несколькими элементами информационного гена, однако на пути распространения сгенерированной информации наблюдаются обрывы маршрутов распространения информации.

Использование концепции информационного гена позволяет рассматривать операции по выявлению и устранению отмеченных противоречий как операции анализа процессов генерации и распространения новой информации на категорно-топологической модели ИГ, объектами которой являются атрибуты и структуры атрибутов информационного пространства ИС, а морфизмами – операции микроуровня, осуществляемые над этими атрибутами и их структурами. При этом в зависимости от состояния, в котором находится ИС, могут выполняться приведенные в таблице операции анализа, позволяющие выявить и/или устранить возникшие в информационном гене противоречия.

Теперь рассмотрим каждое из подмножеств операций анализа. Из таблицы следует, что суть операций выявления противоречий в этом случае сводится к одному из следующих действий:

- выявление областей разрыва цепочки «атрибут – операция – атрибут», которая начинается с выполнения операции генерации новой информации над атрибутом, локальным подмножеством атрибутов или целым кластером атрибутов, а завершается выполнением хотя бы одной операции рецепции этой же информации после ее сохранения;

- выявление областей полного или частичного дублирования двух или более цепочек «атрибут – операция – атрибут».

Для разработки формализованного описания операций выявления противоречий введем следующее предположение. Информационный ген проектируемой ИС, определяющий информационное пространство данной ИС и совокупность выполняемых операций микроуровня, представляет собой солитонную колебательную систему. При этом колебания в данной системе порождаются выполнением операций генерации новой информации и распространяются в ИС в результате выполнений операций рецепции и хранения информации [10].

Данное предположение основано на теоретических и практических результатах исследования генных структур, рассмотренных в [11, 12].

Основываясь на Предположении 5, становится возможным положить в основу операции выявления противоречий возврат Ферми-Паста-Улама (ФПУ) – явление распределения энергии первоначального возмущения по высшим гармоникам с последующим сбором в спектр первоначального возмущения. Особо интересным свойством возврата ФПУ оказалось наличие «памяти» в его спектре по отношению к начальным условиям его активных мод [11]. Применительно к информационному гену наблюдение возврата ФПУ означает, что значения отдельных атрибутов, образующих локальные структуры или даже целые документы, после однократного генерирования многократно используются по отдельности или в самых различных комбинациях, а при необходимости могут быть возвращены в состояние, наблюдавшееся при выполнении операции генерации новой информации. Иными словами, если для анализируемого информационного гена наблюдается возврат ФПУ, это означает, что информация, которая вводится в соответствующую систему, может быть разделена на отдельные составляющие и впоследствии воспроизведена без ошибок. В том случае, если для анализируемого информационного гена возврат ФПУ не наблюдается или наблюдается с искажениями, это означает, что одна и та же информация дублируется в ИС и в ходе распространения взаимно поглощается или искажается. При этом появляется возможность заранее выявить области информационного пространства такой системы, в которых будут наблюдаться противоречия, и предупредить эти противоречия [10].

Использование возврата ФПУ позволяет рассматривать операцию VI.1 как имитационное моделирование процессов генерации и распространения информации в ИС. Хотя для создания такой

Соответствие состояний информационной системы и выполняемых операций анализа информационного гена

Тип состояния ИС	Подмножество операций выявления противоречий	Подмножество операций устранения противоречий
Состояние 1	Не определены	Не определены
Состояние 2	Операция выявления разрыва маршрута распространения информации (операция VI.1)	Операция формирования локального кластера атрибутов, устраняющего разрыв маршрута распространения информации (операция VII.1)
Состояние 3	Операция выявления ситуации множественной генерации одной и той же информации (операция VI.2)	Операция устранения конкурентного взаимодействия атрибутов (операция VII.2)
		Операция замещения атрибутов (операция VII.3)
Состояние 4	Операция VI.1	Операция VII.1
	Операция VI.2	Операция VII.2
		Операция VII.3

имитационной модели можно использовать различные математические аппараты, в работе рассмотрим использование аппарата сетей Петри. Такой выбор обусловлен тем, что данный аппарат:

- довольно прост в реализации;
- позволяет описывать асинхронные процессы, происходящие в системе;
- позволяет представлять исходные данные и результаты моделирования в виде стандартных ВМ ИС и ее элементов.

В общем случае имитационная модель генерации и распространения информации по ИС может быть представлена сетью Петри:

$$N_L = (\{IC_j\}, Op, O, J, I_o), \quad (3)$$

где N_L - обозначение сети Петри, построенной с учетом категорно-топологического представления информационного гена ИС; $\{IC_j\}$ - конечное множество позиций сети Петри, определенных как описания кластеров общесистемного информационного пространства ИС, $j=1, k$; Op - конечное множество переходов сети Петри, определенных как описания операций микроуровня на кластерах $\{IC_j\}$, состоящее из подмножеств $Op = (Op_{rec}, Op_{hol})$; Op_{rec} - подмножество переходов, элементами которого являются подмножества описаний атрибутов кластера информационного пространства, над которыми определена операция рецепции новой информации; Op_{hol} - подмножество переходов, элементами которого являются подмножества описаний атрибутов кластера информационного пространства, над которыми определена операция хранения новой информации; $O: \{IC_j\} \times Op \rightarrow \{0,1\}$ - обратная функция инцидентности сети Петри, описывающая начало выполнения операции микроуровня над кластером входной информации; $J: Op \times \{IC_j\} \rightarrow \{0,1\}$ - прямая функция инцидентности сети Петри, описывающая завершение выполнения операции микроуровня и формирование клас-

тера выходной информации; $I_0 : \{IC_j\} \rightarrow \{0,1\}$ - начальная разметка (маркировка), задающая начальное распределение генерируемой информации по кластерам $\{IC_j\}$.

Главной особенностью сети Петри (3) является набор правил формирования маркировок позиций и переходов. При этом следует учитывать, что каждая позиция сети (3) представляет собой структурированное множество, элементами которого являются описания атрибутов соответствующего кластера информационного пространства. Тогда маркировки каждого из атрибутов позиций сети (3), имитирующей процесс распространения макроинформации в информационном гене, будут представлять собой конечные счетные множества, элементами которых будут кортежи вида

$$m_{attr}(IC_j) = (b_{attr}, Id_{attr}, Id_{IC_g}, Id_{IC_{hol}}, Id_{IC_j}), \quad (4)$$

где $m_{attr}(IC_j)$ - значение маркировки в позиции сети (3), описывающей конкретный атрибут кластера IC_j ; b_{attr} - значение, принимаемое маркировкой позиции, $b_{attr} = \{0,1\}$; Id_{attr} - уникальный идентификатор атрибута, составляющего кластер IC_j ; Id_{IC_g} - уникальный идентификатор кластера информационного пространства, на котором определена операция генерации новой информации, $g = 1, n < k$; $Id_{IC_{hol}}$ - уникальный идентификатор кластера информационного пространства, в котором сохраняется сгенерированная информация, $hol < k$; Id_{IC_j} - уникальный идентификатор кластера информационного пространства, который описывается текущей позицией сети (3).

Маркировки переходов сети (3) в этом случае можно представить как кортежи вида

$$m_{attr}(Op_i) = (b_{attr}(Op_i), Id_{attr}(Op_i), Id_{IC_g}, Id_{IC_{hol}}, Id_{IC_j}), \quad (5)$$

где $m_{attr}(Op_i)$ - значение маркировки в переходе сети (3), описывающей конкретный атрибут кластера IC_j , участвующий в i -й операции микроуровня; $b_{attr}(Op_i)$ - значение, принимаемое маркировкой перехода, $b_{attr}(Op_i) = \{0,1\}$; $Id_{attr}(Op_i)$ - уникальный идентификатор атрибута кластера IC_j , который участвует в i -й операции микроуровня.

Тогда обратная функция инцидентности сети (3) будет представлена условием вида

$$O_{ji} : \forall IC_j \in \{IC_j\} [Id_{attr} - Id_{attr}(Op_i) = 0; b_{attr} - b_{attr}(Op_i) > 0], \quad (6)$$

а прямая функция инцидентности сети будет представлена условием вида

$$J_{ij} : \forall IC_j \in \{IC_j\} [Id_{attr}(Op_i) - Id_{attr} = 0; b_{attr}(Op_i) - b_{attr} > 0]. \quad (7)$$

Процесс формирования начальных маркировок сети (3) будет выполняться в соответствии с правилом:

$$\forall m_{attr}(IC_g) [b_{attr} = \delta(\tau_g)], \quad (8)$$

где τ_g - характеристика времени выполнения операции генерации новой информации.

Такой подход позволяет упростить имитационное моделирование операций генерации новой информации, определенных на кластерах IC_g . В этом случае такие операции будут рассматриваться как изменение значения маркировки через некоторый промежуток времени τ_g .

Процесс формирования имитационной модели (3) можно представить в виде одноместного ковариантного функтора. При этом конец функтора можно рассматривать как категорию структурированных множеств, образующих имитационную модель (3). Объектами данной категории будут описания позиций и переходов сети (3). Морфизмами данной категории будут описания обратной и прямой функций инцидентности сети (3), а также правил формирования начальных маркировок. Тогда функтор, синтезирующий имитационную модель, может быть задан следующим образом:

$$\Phi_{N_L}^{IG} = (IG, IC, I_{IC}, Mor_{rec}, Mor_{hol}, N_L, \{IC_j\}, (Op_{rec}, Op_{hol}), \{\tau_g\}, \{O_{ji}\}, \{J_{ij}\}, \Phi_{Ob_{N_L}}^{Ob_{IG}}, \Phi_{Mor_{N_L}}^{Mor_{IG}}), \quad (9)$$

системы правил $\Phi_{Ob_{N_L}}^{Ob_{IG}}$ и $\Phi_{Mor_{N_L}}^{Mor_{IG}}$ которого состоят из следующих групп:

- группа правил системы $\Phi_{Ob_{N_L}}^{Ob_{IG}}$, которая преобразовывает совокупность описаний кластеров информационного пространства IC в множество позиций сети (3) $\{IC_j\}$, элементы которого являются структурированными множествами атрибутов соответствующих кластеров IC_j ;

- группа правил системы $\Phi_{Ob_{N_L}}^{Ob_{IG}}$, которая преобразовывает совокупность описаний кластеров информационного пространства, являющихся началами и концами морфизмов подмножеств Mor_{rec} и Mor_{hol} , в множество переходов сети (3) (Op_{rec}, Op_{hol}) , элементы которого являются структурированными множествами атрибутов, участвующих в соответствующих операциях рецепции и хранения сгенерированной информации;

- группа правил системы $\Phi_{Mor_{N_L}}^{Mor_{IG}}$, которая преобразовывает подмножество морфизмов I_{IC} , элементами которого являются описания операций генерации новой информации, в множество величин τ_g , определяющих условия формирования начальных маркировок (8);

- группа правил системы $\Phi_{Mor_{N_L}}^{Mor_{IG}}$, которая преобразовывает подмножество морфизмов Mor_{rec} , элементами которого являются описания операций рецепции сгенерированной информации, в подмножество обратных функций инцидентности (6), у которых для позиции, соответствующей объекту-началу исходного морфизма, и перехода выполняются условия $Id_{attr} - Id_{attr}(Op_i) = 0$, и в подмножество прямых функций инцидентности (7), у которых для перехода и позиции, соответствующей объекту-концу исходного морфизма, выполняются условия $Id_{attr}(Op_i) - Id_{attr} = 0$;

- группа правил системы $\Phi_{Mor_{N_L}}^{Mor_{IG}}$, которая преобразовывает подмножество морфизмов Mor_{hol} , элементами которого являются описания операций хранения сгенерированной информации, в подмножество обратных функций инцидентности (6), у которых для позиции, соответствующей объекту-началу исходного морфизма, и перехода выполняются условия $Id_{attr} - Id_{attr}(Op_i) = 0$, и в подмножество прямых функций инцидентности (7), у которых для перехода и позиции, соответствующей объекту-концу исходного морфизма, выполняются условия $Id_{attr}(Op_i) - Id_{attr} = 0$.

5. Выводы из проведенного исследования

Использование имитационной модели процесса распространения информации в информационном гене в виде сети (3) позволяет выполнить операцию VI.1 двумя способами. Первый способ целесообразно применять в процессе проектирования типовых ИС. Он подразумевает частичное знание генерируемых локальных структур данных, а также невозможность установления точных характеристик операций генерации новой информации в типовой ИС. В этом случае изучается только факт выполнения операции генерации новой информации без учета количественных оценок особенностей ее реализации на конкретном объекте функционирования. Применительно к сети (3) это будет означать, прежде всего, выполнение принципа одновременной генерации новой информации, согласно которому все τ_g равны между собой. Второй способ

наиболее целесообразно применять в процессе эксплуатации типовой ИС, что позволит выявить основные проблемы, затрудняющие эксплуатацию ИС, установить конкретные направления работ по модернизации ИС и ее адаптации к изменению бизнес-процессов.

Список литературы: 1. *Пушкин В.Г., Урсул А.Д.* Информатика, кибернетика, интеллект. Философские очерки. Кишинев: Штиинца, 1989. 296 с. 2. *Концепция* самоорганизации в исторической ретроспективе: Сборник статей. М.: Наука, 1992. 239 с. 3. *Чернавский Д.С.* Синергетика и информация (динамическая теория информации). М.: Едиториал УРСС, 2004. 288 с. 4. *Фаулер М., Скотт К.* UML в кратком изложении. Применение стандартного языка объектного моделирования. М.: Мир, 1999. 191 с. 5. *Левыкин В.М., Евланов М.В., Скляров А.Я.* Генный подход к созданию сложных информационных управляющих систем // АСУ и приборы автоматики. 2001. Вып. 114. С. 39-42. 6. *Евланов М.В.* Подход к формированию формализованных описаний информационного гена // Системы обработки информации. 2007. Вып. 1(59). С. 28-35. 7. *Левыкин В.М., Евланов М.В.* Модели операций генерации новой информации в динамической мультистабильной информационной системе // Системы управления, навигации и связи. К.: Центральный научно-исследовательский институт навигации и управления, 2007. Вып. 2. С. 6-11. 8. *Левыкин В.М., Евланов М.В.* Модели операций рецепции информации в динамической мультистабильной информационной системе // Системы обработки информации. 2007. Вып. 7 (65). С. 36-42. 9. *Крёмке Д.* Теория и практика построения баз данных. 9-е изд. СПб.: Питер, 2005. 859 с. 10. *Левыкин В.М., Евланов М.В.* Выявление несоответствий в модели гена информационной системы // Proceedings of the International Conference "e-Management & Business Intelligence", Varna. Sofia: Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA. 2007. P.75-77. 11. *Гаряев П.П.* Волновой геном. М.: Общественная польза, 1994. 280 с. 12. *Гаряев П.П.* Волновой генетический код. М.: «ИЗДАТЦЕНТР», АО «Астра семь», 1997. 108 с.

Поступила в редколлегию 22.04.2008

Евланов Максим Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры ИУС ХНУРЭ. Научные интересы: проблемы эволюционного проектирования информационных управляющих систем. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-451.

УДК 519.23

Н.В. ВАСИЛЬЦОВА

ЗАДАЧИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ В АСУТП

Рассматриваются вопросы разработки и исследования задач обработки метрологической информации, которые входят в состав специального математического обеспечения SCADA-систем, используемых для проведения метрологических испытаний средств измерений. Разрабатываются типовые алгоритмы определения границ изменения метрологических характеристик приборов, основанные на методах устойчивого точечного и интервального оценивания параметров законов распределения случайных величин, а также методах, использующих непараметрические статистики.

1. Введение

Характерной чертой современного производства, функционирующего в условиях автоматизации управления технологическими процессами и техническими объектами, является постоянное повышение требований к точности, быстродействию, чувствительности и надежности систем измерений, которые являются составной частью автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). Системы измерений должны обеспечивать качество работы АСУТП в соответствии с заданными метрологическими, эксплуатационными и экономическими характеристиками. Эти требования приводят к необходимости модернизации интегрированных информационно-управляющих систем предприятий, к включению в их состав модулей, которые, обеспечивая метрологическую поддержку производства, автоматизируют процессы контроля и диагностики функционирования контрольно-измерительной аппаратуры [1].

С 1970-х годов начали проектироваться и внедряться в производство автоматизированные системы, объединенные под общим названием «АСУ-метрология», предназначенные