

УДК 044.03; 681.518 : 061

В.М. Левыкин, М.В. Евланов

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

## **МОДЕЛИ ОПЕРАЦИЙ РЕЦЕПЦИИ ИНФОРМАЦИИ В ДИНАМИЧЕСКОЙ МУЛЬТИСТАБИЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ**

*Рассмотрены особенности представления информационной системы управления предприятием как динамической мультистабильной системы. Проанализирован процесс рецепции информации в динамической мультистабильной информационной системе. Определены основные типы операций рецепции в информационной системе. Разработаны математические модели операций рецепции информации в функциональном модуле информационной системы.*

*динамическая информационная система, информационный ген, метамодель, рецепция информации, локальные структуры атрибутов*

### **Введение**

**Основные проблемы проектирования современных информационных систем.** 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 ин-

формационных потоков из внешней среды и принципа операционной замкнутости ИС. Реализация принципа открытости (в нашем случае – информационной) 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.

**Анализ теоретических положений моделирования динамической информационной системы.** 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 следует 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 являться метамоделью ИС – специализированных описаний и формализованных представлений, которые определяют синтаксис и семантику конкретных реализаций ИС и ее компонентов [4].

В качестве такой метамоделли 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  $IC_j$ ;  $I_D$  – подмножество единичных морфизмов, которые описывают операции генерации новой информации проектируемой ИС;  $Mor_{rec}$  – подмножество морфизмов, которые описывают операции рецепции информации проектируемой ИС;  $Mor_{hol}$  – подмножество морфизмов, которые описывают операции хранения информации проектируемой ИС.

**Выделение нерешенной части проблемы 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. Однако для формирования информационного гена проектируемой ИС необходимы формализованные описания этих морфизмов, четко устанавливающие правила и особенности отображения объектов категорных моделей самих в себя и друг в друга.

Математические модели, позволяющие описать процессы генерации новой информации в функциональных модулях (ФМ) проектируемой ИС, предложены в работе [7]. Однако данный тип операций микроуровня реализует только принцип информационной открытости, обеспечивая формирование новых значений элементов информационного пространства ИС без изменения структуры информационного пространства.

Разработка формализованных описаний операций рецепции информации требует предварительного уточнения основных отличий операций данного типа от операций генерации новой информации.

В [3] процесс генерации информации определен как выбор, сделанный случайно, без подсказки извне. Процесс же рецепции информации в [3] определен как выбор, сделанный на основании инфор-

мации, которую система принимает. В терминах ДТИ рецепция информации является переводом системы в одно из определенных состояний независимо от того, в каком состоянии она находилась раньше. При этом различают силовую рецепцию (переход в новое состояние осуществляется посредством импульса) и параметрическую рецепцию (переход в новое состояние осуществляется посредством изменения параметров системы).

Применительно к проектируемой организационной ИС процесс генерации выполняется только в том случае, если в ИС попадает абсолютно новая, ранее не вводившаяся в систему информация. Процесс генерации новой информации выводит ИС из стабильного состояния, заставляя выполнять операции рецепции и хранения сгенерированной информации. Процесс рецепции информации в организационных ИС выполняется в том случае, если система должна быть переведена в одно из определенных ранее стабильных состояний. Подобный перевод следует рассматривать как выбор конкретного рецептируемого значения из множества значений. При этом процесс рецепции информации, сгенерированной в одном из кластеров  $IC_j$ , может, в свою очередь, привести (за счет диффузии, конкурентного взаимодействия, информационного симбиоза или же замены информации) к генерации новой информации в других кластерах информационного пространства ИС.

В связи с этим возникает задача разработки математических моделей операции рецепции информации, которые учитывали бы рассмотренные выше особенности проектирования динамических мультистабильных ИС управления предприятиями и организациями.

### Разработка моделей операции рецепции информации

Для решения поставленной задачи сделаем следующие предположения.

**Предположение 1.** Осуществление последовательности операций генерации, рецепции и хранения информации следует рассматривать как взаимодействие объекта-источника информации (ОИИ), объекта-промежуточного носителя информации (ОПНИ) и объекта-приемника информации (ОПИ).

**Предположение 2.** Каждый объект Предположения 1 рассматривается как надсистема, состоящая из следующих систем:

- системы прагматических ценностей объекта;
- системы семантики объекта;
- системы синтаксиса объекта.

Рассматривая проектируемую ИС как совокупность ОИИ и ОПИ, 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 информа-

ции. Такое представление позволяет выделить такую последовательность элементарных процессов.

Процесс 1. Пользователь передает информацию в специальный модуль приема информации ИС, представляющий собой совокупность структурированных неким образом представлений ИС об ОА, пользователе, внешнем мире [8]. В данном элементарном процессе пользователь выступает как ОИИ, модуль приема информации – как ОПИ, а ОПНИ в данном случае отсутствует.

Процесс 2. Модуль приема информации передает информацию через специальный модуль обработки данных и принятия решений в информационное пространство ИС. Модуль обработки данных и принятия решений обеспечивает обработку поступающих данных и реализацию этапов принятия решений по управлению объектом автоматизации или его подразделениями в соответствии с правилами выполнения бизнес-процессов [8]. В данном элементарном процессе модуль приема информации выступает как ОИИ, модуль обработки данных и принятия решений – как ОПНИ, а информационное пространство ИС – как ОПИ.

Процесс 3. ИС извлекает информацию из своего информационного пространства и передает ее через модуль обработки данных и принятия решений в специальный модуль отображения информации ИС, представляющий собой совокупность структурированных неким образом представлений ИС об объекте автоматизации, пользователе, внешнем мире [8]. В данном элементарном процессе информационное пространство ИС выступает как ОИИ, модуль обработки данных и принятия решений – как ОПНИ, а модуль отображения информации – как ОПИ.

Процесс 4. Модуль отображения информации ИС передает информацию пользователю для выработки, принятия и реализации управляющих воздействий на объект автоматизации. В данном элементарном процессе модуль отображения информации выступает как ОИИ, пользователь – как ОПИ, а ОПНИ в данном случае отсутствует.

Данные представления и построенная в работе [6], на их основе схема структуры ИС, позволили выделить четыре основных типа операции рецепции информации в организационных ИС:

- рецепция ранее сгенерированной информации для ее последующего хранения;
- рецепция ранее сгенерированной информации для ее последующего воспроизведения;
- рецепция хранимой информации для ее последующего воспроизведения;
- рецепция хранимой информации для конкретизации процесса генерации новой информации.

Последний тип операций рецепции информации выполняется в том случае, если требуется сгенерировать информацию в соответствии с одним или несколькими локальными подмножествами ат-

рибутов кластера  $IC_j$ . Данный тип операции заключается в рецепции набора значений такого локального подмножества атрибутов кластера  $IC_j$ , который однозначно определит локальное подмножество атрибутов, участвующих в операции генерации новой информации.

Рассмотрим общие особенности операции рецепции информации, которые будут справедливы вне зависимости от типа операции и количества документов, реализуемых в ФМ  $mis_j$ , на примере вариантов графического представления зависимости вероятности верного распознавания рецептируемой информации от времени (рис. 1).

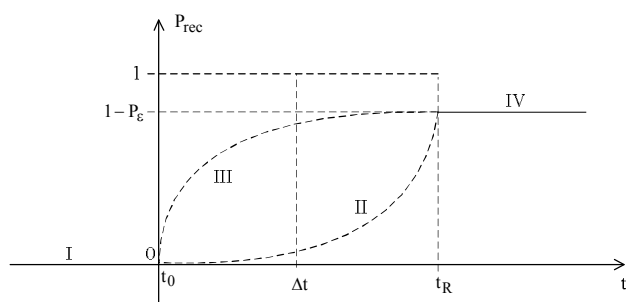


Рис. 1. Графическое представление зависимости вероятности верного распознавания рецептируемой информации от времени

До начала операции рецепции информации в момент времени  $t_0$  ИС не может определить, какие именно значения каких именно атрибутов ОИИ будут рецептированы ОПНИ или ОПИ. Вероятность верного распознавания рецептируемой информации  $P_{rec}$  в этот промежуток времени равна нулю. На рис. 1 эта ситуация обозначена линией I.

В результате выполнения операции рецепции информации в момент времени  $t_R$  ОПИ или ОПНИ ИС будет рецептировать информацию с вероятностью  $P_{rec}=1$  (идеальный случай) или же  $P_{rec}=1-P_e$  (реальный случай), где  $P_e$  - вероятность возникновения ошибок в ходе выполнения операции рецепции информации. Можно утверждать, что в идеальном случае после момента времени  $t_R$  рецепция информации является детерминированным сюръективным отображением информационных структур ОИИ в информационные структуры ОПНИ или же ОПИ. На рис. 1 эта ситуация обозначена линией IV.

Особое внимание заслуживает вид зависимости  $P_{rec}$  от времени в промежутке  $[t_0, t_R]$ . Здесь возможны следующие варианты:

– ИС не способна рецептировать информацию до тех пор, пока из ОИИ не будет передана подавляющая часть последовательности микроинформаций, образующей рецептируемую макроинформацию (данный вариант обозначен на рис. 1 линией II);

– ИС способна рецептировать информацию по переданной из ОИИ минимальной последовательности микроинформаций, образующих рецептируемую макроинформацию (данный вариант обозначен на рис. 1 линией III);- ИС способна рецептировать информацию по некоторой переданной из ОИИ последовательности микроинформаций, входящей в полную последовательность микроинформаций, образующую рецептируемую макроинформацию (комбинация рассмотренных выше вариантов).

При рассмотрении особенностей рецепции информации в ФМ ИС мы также предполагаем, что рецептируемая информация в общем случае представляет собой документ  $d_i$ , состоящий из атрибутов  $[at_{i1}, \dots, at_{iz}, at_{i1}, \dots, at_{iN}]$ , которые, в свою очередь, делятся на атрибуты  $[at_{i1}, \dots, at_{iz}]$ , описывающие заголовок документа и атрибуты  $[at_{i1}, \dots, at_{iN}]$ , описывающие текст документа.

Рассмотренные особенности позволяют разработать формализованные описания операции рецепции информации. Любой из морфизмов  $\varphi_{rec}$  в общем случае может быть представлен одним из следующих способов:

$$\varphi_{rec} : at_e \xrightarrow{\omega_s^1} at_f ; \quad (3)$$

$$\varphi_{rec} : at_e \xrightarrow{\{\omega_s^1\}} \begin{bmatrix} at_c \\ \dots \\ at_d \end{bmatrix} ; \quad (4)$$

$$\varphi_{rec} : \begin{bmatrix} at_a \\ \dots \\ at_b \end{bmatrix} \xrightarrow{\omega_s^n} at_f ; \quad (5)$$

$$\varphi_{rec} : \begin{bmatrix} at_a \\ \dots \\ at_b \end{bmatrix} \xrightarrow{\omega_s^n} \begin{bmatrix} at_c \\ \dots \\ at_d \end{bmatrix} , \quad (6)$$

а с учетом логики дополнителности [9] и принципа информационной открытости и выражением

$$\varphi_{rec} : [\emptyset] \xrightarrow{\omega_s^0} at_f , \quad (7)$$

где  $\varphi_{rec}$  – обозначение морфизма, описывающего операцию рецепции информации;  $at_e$  – обозначение атрибута ОИИ, информация которого рецептируется атрибутом ОПНИ или же атрибутом ОПИ;  $at_f$  – обозначение атрибута ОПНИ или же атрибута ОПИ, который рецептирует информацию атрибута ОИИ  $at_e$ ;  $\omega_s^1$  – одномерная операция, принадлежащая множеству операций реализуемых в ИС;  $at_a, at_b$  – обозначения атрибутов ОИИ, формирующих информационную структуру, которая рецептируется атрибутом ОПНИ или же атрибутом ОПИ,  $i_1 \leq a, b \leq iN, a \neq b$ ;  $at_c, at_d$  – обозначения атрибутов ОПНИ или же атрибутов ОПИ, формирующих информационную структуру, которая рецептирует

информационную структуру атрибутов ОИИ,  $\bullet_{i1} \leq c, d \leq iN, c \neq d$ ;  $\omega_s^n$  – n-мерная операция, принадлежащая множеству операций, реализуемых в ИС;  $[\emptyset]$  – совокупность атрибутов, которые в соответствии с принципом информационной открытости не определены через модели ФМ или через модели информационного пространства [6];  $\omega_s^0$  – 0-мерная операция, принадлежащая множеству операций, реализуемых в ИС, которая описывает рецепцию атрибутом  $at_f$  информации из других систем или из надсистемы.

Операции  $\omega_s^0$ ,  $\omega_s^1$  и  $\omega_s^n$  в общем случае определены универсальной алгеброй ИС, конкретный вид которой, в свою очередь, определяется выбранными инструментальными средствами разработки ИС.

Как отмечалось в [6], морфизмы множества  $Mor_{rec}$ , описывающие операции рецепции информации, являются сюръективными. Это означает, что каждый атрибут объекта-конца морфизма  $\varphi_{rec} \in Mor_{rec}$  должен иметь прообраз в объекте-начале морфизма  $\varphi_{rec}$ .

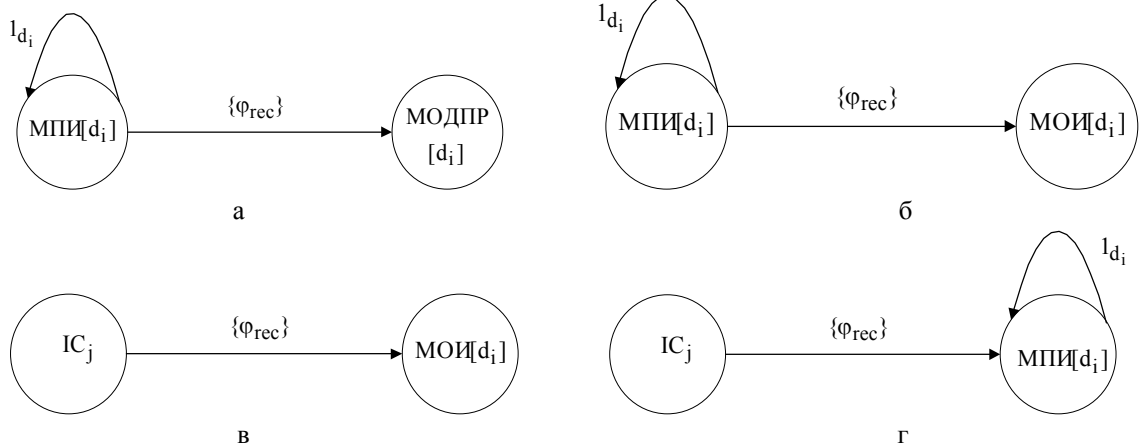


Рис. 2. Визуальные представления основных типов операций рецепции информации

Вариант 1. Решения о рецепции информации принимаются для каждого из атрибутов  $at_f$  объекта-конца морфизма в отдельности. Тогда каждое из подмножеств  $\{\varphi_{rec}\}$ , показанных на рис. 2, а и б, будут состоять из  $z + N$  эпиморфизмов, каждый из которых будет описываться выражением

$$at_f = \omega_s^k[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq iN], \bullet_{i1} \leq f \leq iN, \quad (8)$$

где  $k$  – размерность операции  $\omega_s^k$ ,  $0 \leq k \leq n$ ;  $h_e$  – оператор, определяющий участие атрибута  $at_e$  в операции рецепции информации, который имеет вид

$$h_e = \begin{cases} 0, & t < t_0; \\ \int_{t_0}^t P_{rec}(t) dt, & t_0 \leq t \leq t_R; \\ 1 - P_\epsilon, & t > t_R. \end{cases} \quad (9)$$

Рассмотрим формализованные описания выделенных выше основных типов операции рецепции информации, выполняемых в процессах обмена информацией, рассмотренных в [6]. При этом будем вначале исходить из предположения, что модели участвующих в этом взаимодействии модулей приема информации, модулей отображения информации, модулей обработки данных и принятия решений и соответствующего им кластера информационного пространства ИС определены кластером атрибутов одного документа  $d_i$ .

Визуальные представления основных типов операции рецепции информации с учетом данного предположения примут вид, показанный на рис. 2. Визуальные представления каждого из типов обозначены на рис. 2 буквами а – г соответственно.

Для каждого из рассмотренных типов операции рецепции информации вид ее конечного формализованного описания будет определяться особенностями процесса принятия решения о рецепции информации, который может быть реализован в виде одного из следующих вариантов.

Подмножества  $\{\varphi_{rec}\}$ , показанные на рис. 2, в и г, будут состоять из  $y + M$  эпиморфизмов, имеющих вид

$$at_f = \omega_s^k[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq iM], \bullet_{i1} \leq f \leq iN, \quad (10)$$

причем операторы  $h_e$  в этом случае также определяются выражением (9).

Вариант 2. Решение о рецепции информации принимается для всей совокупности атрибутов  $at_f$ , определяющей модель объекта-конца морфизма. Тогда каждое из подмножеств  $\{\varphi_{rec}\}$ , показанных на рис. 2, а и б, будут в этом случае состоять из одного эпиморфизма, который описывается выражением

$$[at_{\bullet_{i1}}, \dots, at_{\bullet_{iz}}, at_{i1}, \dots, at_{iN}] = \begin{cases} \omega_s^0[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq iN]; \\ \dots \\ \omega_s^n[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq iN], \end{cases} \quad (11)$$

где  $\{\omega_s^k[\bullet]\}$  – система операций, выполняемых в ИС над атрибутами объекта-начала морфизма  $\varphi_{rec}$  в ходе формирования значений атрибутов объекта-конца морфизма  $\varphi_{rec}$ .

Подмножества  $\{\varphi_{rec}\}$ , показанные на рис. 2, в и г, в этом случае будут состоять из одного эпиморфизма, имеющего вид

$$[at_{\bullet_{i1}}, \dots, at_{\bullet_{iz}}, at_{i1}, \dots, at_{iN}] = \begin{cases} \omega_s^0[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq iM]; \\ \omega_s^1[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq iM]; \\ \dots \\ \omega_s^n[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq iM]. \end{cases} \quad (12)$$

Вариант 3. Решения о рецепции информации принимаются для отдельных локальных структур атрибутов  $[at_c, \dots, at_d]$ , составляющих модель объекта-конца морфизма. Тогда каждое из подмножеств  $\{\varphi_{rec}\}$ , показанных на рис. 2, а и б, будут в этом случае состоять из  $2 \leq n < (z + N)$  эпиморфизмов, каждый из которых описывается выражением

$$[at_c, \dots, at_d] = \begin{cases} \omega_s^0[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq iN]; \\ \omega_s^1[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq iN]; \\ \dots \\ \omega_s^n[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq iN], \end{cases} \quad (13)$$

$\bullet_{i1} \leq c, d \leq iN, c \neq d.$

Подмножества  $\{\varphi_{rec}\}$ , показанные на рис. 2, в и г, также будут состоять из  $2 \leq n < (z + N)$  эпиморфизмов, каждый из которых описывается выражением

$$[at_c, \dots, at_d] = \begin{cases} \omega_s^0[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq iM]; \\ \omega_s^1[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq iM]; \\ \dots \\ \omega_s^n[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq iM], \end{cases} \quad (14)$$

$\bullet_{i1} \leq c, d \leq iN, c \neq d.$

Теперь разработаем формализованные описания выделенных выше основных типов операции рецепции информации с учетом предположения, что модели участвующих в этих операциях модулей приема информации, модулей отображения информации, модулей обработки данных и принятия решений и соответствующего им кластера информационного пространства ИС определены кластерами атрибутов  $n$  документов. При этом для каждого из рассмотренных типов операции рецепции информации вид ее конечного формализованного описания также будет определяться рассмотренными выше особенностями процесса принятия решения о рецепции информации.

Вариант 1. Решения о рецепции информации принимаются для каждого из атрибутов  $at_f$  объек-

та-конца морфизма в отдельности. Тогда каждое из подмножеств  $\{\varphi_{rec}\}$ , показанных на рис. 2, а и б, в общем случае будут состоять из  $2 \leq k \leq \sum_{i=1}^n (z_i + N_i)$

эпиморфизмов, где  $z_i$  – количество атрибутов, определяющих структуру заголовка документа  $d_i, i=1, n$ , а  $N_i$  – количество атрибутов, определяющих структуру текста документа  $d_i, i=1, n$ . Каждый из этих эпиморфизмов будет описываться выражением, аналогичным выражению (8). Подмножества  $\{\varphi_{rec}\}$ , показанные на рис. 2, в и г, будут в этом

случае состоять из  $2 \leq k \leq \sum_{i=1}^n (z_i + N_i)$  эпиморфизмов, где  $u_i$  – количество линейно независимых атрибутов, определяющих структуру заголовка документа  $d_i, i=1, n$ , а  $M_i$  – количество линейно независимых атрибутов, определяющих структуру текста документа  $d_i, i=1, n$ . Каждый из этих эпиморфизмов будет описываться выражением, аналогичным выражению (10).

Вариант 2. Решение о рецепции информации принимается для всей совокупности атрибутов  $at_f$ , определяющей модель объекта-конца морфизма. Тогда каждое из подмножеств  $\{\varphi_{rec}\}$ , показанных на рис. 2, а и б, будут в этом случае состоять из одного эпиморфизма, который описывается выражением

$$[at_{\bullet_{i1}}, \dots, at_{\bullet_{nz}}, at_{11}, \dots, at_{nN}] = \begin{cases} \omega_s^0[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq nN]; \\ \omega_s^1[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq nN]; \\ \dots \\ \omega_s^n[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq nN]. \end{cases} \quad (15)$$

Подмножества  $\{\varphi_{rec}\}$ , показанные на рис. 2, в и г, в этом случае будут состоять из одного эпиморфизма, имеющего вид

$$[at_{\bullet_{i1}}, \dots, at_{\bullet_{nz}}, at_{11}, \dots, at_{nN}] = \begin{cases} \omega_s^0[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq nM]; \\ \omega_s^1[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq nM]; \\ \dots \\ \omega_s^n[\{h_e at_e\} | \bullet_{i1} \leq e \leq nM]. \end{cases} \quad (16)$$

Вариант 3. Решения о рецепции информации принимаются для отдельных локальных структур атрибутов  $[at_c, \dots, at_d]$ , составляющих модель объекта-конца морфизма. Тогда каждое из подмножеств  $\{\varphi_{rec}\}$ , показанных на рис. 2, а и б, будут в этом случае состоять из  $2 \leq k < \sum_{i=1}^n (z_i + N_i)$  эпиморфиз-

мов, каждый из которых описывается выражением

$$[at_c, \dots, at_d] = \begin{cases} \omega_s^0[\{h_e at_e\} | \bullet_{11} \leq e \leq nN]; \\ \omega_s^1[\{h_e at_e\} | \bullet_{11} \leq e \leq nN]; \\ \dots \\ \omega_s^n[\{h_e at_e\} | \bullet_{11} \leq e \leq nN], \end{cases} \quad (17)$$

$\bullet_{11} \leq c, d \leq nN, c \neq d.$

Подмножества  $\{\varphi_{rec}\}$ , показанные на рис. 2, в и г, также будут состоять из  $2 \leq k < \sum_{i=1}^n (z_i + N_i)$  эпиморфизмов, каждый из которых описывается выражением

$$[at_c, \dots, at_d] = \begin{cases} \omega_s^0[\{h_e at_e\} | \bullet_{11} \leq e \leq nM]; \\ \omega_s^1[\{h_e at_e\} | \bullet_{11} \leq e \leq nM]; \\ \dots \\ \omega_s^n[\{h_e at_e\} | \bullet_{11} \leq e \leq nM], \end{cases} \quad (18)$$

$\bullet_{11} \leq c, d \leq nN, c \neq d.$

Представление операции рецепции информации выражениями (8) – (18), которые, в свою очередь, базируются на выражениях (3) – (7), позволяет реализовать в ИС принцип информационной открытости и принцип операционной замкнутости. Принцип информационной открытости реализуется за счет возможности рецепции как атрибутов или их совокупностей, которые описаны в моделях модулей и информационного пространства ИС (выражения (3) – (6)), так и атрибутов, описания которых в моделях отсутствуют (выражение (7)). Принцип операционной замкнутости реализуется за счет формирования универсальной алгебры ИС, множество операций которой  $\Omega_s = \{\omega_s^k\}, 0 \leq k \leq n$  конечно и счетно.

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

Предлагаемые в данной статье модели рецепции информации в ФМ ИС разработаны с использованием тех же подходов, что и разработанные ранее модели операций генерации новой информации. Их использование позволяет сформулировать и решить:

- задачу синтеза общесистемного информационного пространства путем интеграции локальных подмножеств атрибутов в единое множество линейно-независимых атрибутов в соответствии с заданными критериями эффективности хранения данных;
- задачу синтеза модели программных реализаций отдельных ФМ путем интеграции отдельных локальных подмножеств атрибутов в том числе с использованием типовых решений и паттернов;
- задачу проверки категорно-топологической модели информационного гена на непротиворечивость путем использования специальных операций макроуровня [6];

– задачу мониторинга функционирующей ИС и работы пользователей ИС в условиях промышленной эксплуатации системы на конкретном предприятии или организации.

Особо стоит отметить возможность реализации принципа операционной замкнутости путем формирования и детализации разработанных моделей для ФМ проектируемой ИС. Такой подход позволит автоматизировать не только разработку типовых проектных решений для ФМ ИС, но и процесс модернизации отдельных ФМ ИС путем создания новых или модификации существующих модулей отображения информации, а также модулей обработки данных и принятия решений. Однако разработка методов и средств подобной автоматизации является предметом дальнейших исследований в области разработки формального аппарата проектирования динамических мультистабильных ИС.

### 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., Складов А.А. 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. – Х.: ХУ ПС, 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 та зв'язку. – К.: Центральний науководослідний інститут навігації і управління, 2007. – Вып. 2. – С. 6-11.
8. Евланов М.В. Влияние принципов самоорганизации на процессы создания информационных управляющих систем // Проблемы бионики. – 1999. – Вып. 51. – С. 100-105.
9. Лачинов В.М., Поляков А.О. Информодинамика или Путь к Миру открытых систем. – С.-Пб.: СПбГТУ, 1999. – 230 с.

Поступила в редколлегию 17.05.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.П. Авраменко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.