

**В. Цхведадзе, И. Цхведадзе, В. Надирадзе**

## **ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ**

### **Резюме**

Важнейшим аспектом представления (описания) систем является формализация динамической составляющей ее функционирования. Технология – это целосная, с точки зрения субъектов, последовательность процедур по изменению состояния некоторого предмета (в реальном мире), данных (в информационно-компьютерной системе). Процедура (преобразование) - есть фрагмент технологии, определяющий на том или ином уровне декомпозиции семантическую законченность изменения состояния (свойств) объекта-ресурса. В общем случае, процедура преобразования декомпозируется на подпроцедуры, которые образуют упорядоченную технологию по ее реализации. Представление состояния объекта-ресурса в системе осуществляется с учетом динамики изменения его компонент, которое определяется упорядоченной парой процедур его зарождения и конца актуальности в системе. В статье рассматриваются зависимости технологий и типы преобразований, формализуется представление динамических процессов в системах. Время является неотъемлемой характеристикой динамических процессов в системе. Время рассматривается как абстрактный объект системы и приводятся различные семантические интерпретации изменения состояний объектов во времени.

**Ключевые слова.** Модель технологий ведения информационных объектов, теория категорий, процедуры, зависимость процедур, представление контрактов, ценностная эквивалентность.

### **Введение**

В настоящем практически отсутствуют комплексные технологии отслеживания процессов планирования и реализации действий в ИКС с анализом причинно-следственных зависимостей. Слабая проработка технологий функционирования задач ИКС, нечеткое их разделение по сущностным, временным, исполнительским, контролирующим и другим составляющим, что существенно снижает качественные параметры функционирования. Ставится задача формирования единых организационно-компьютерных методов планирования, реализации и сопровождения технологических процессов. Это целосная система взаимосвязанных задач управления проблемно-ориентированными процессами и поддержки целосности распределенных баз данных. Данная составляющая ИКС должна обеспечивать планирование и реализацию процедур по всем технологическим цепочкам различных проблемных задач ввода, обработки, предоставления информации и заданий субъектам. Реализация задач планирования, реализации и многоаспектного сопровождения технологических процессов должна сопровождаться фиксацией всех промежуточных результатов и исполнителей. Целосность информационного представления технологических процессов открывает дополнительные возможности в организации представления процесса функционирования ИКС в ретроспективности, т.е. представления состояния любого фрагмента информационной системы на любой предшествующий промежуток времени.

### **Основная часть**

Важнейшим аспектом представления (описания) систем является формализация динамической составляющей ее функционирования. **Преобразования** – это процедуры, которые изменяют свойства и отношения объектов, тем самым переводя их в новое состояние. Преобразование, в общем случае, представляет собой связь, точнее соответствие, между состояниями объектов или различными объектами, которая обусловлена некоторыми действиями по изменению отношений как внутри его структуры, так и по изменению отношений объекта в соответствующем «мире». Преобразование, в данном понимании, отличается от математической интерпретации «функции», которая представляет собой фиксированный, статический объект, определяющий соответствие между парами объектов. В данном случае [Л1, Л2,], «преобразование» - это интуитивная модель «функции», представляющая

соответствие в динамике изменения объектов. **Технология** – это целосная, с точки зрения субъектов, последовательность процедур по изменению состояния некоторого предмета (в реальном мире), данных (в информационно-компьютерной системе). В данной модели представления систем объектами преобразования являются **Е-объекты (Е-отношения)**, в дальнейшем именуемые **Е-ресурсами**. Процедура (**Е-преобразование**) - есть фрагмент технологии, определяющий на том или ином уровне декомпозиции семантическую законченность изменения состояния (свойств) Е-ресурса. Соответственно, категорное представление Е-преобразование включает в себя:

- совокупность Е-ресурсов  $\{ R_{xi} \}$ , которые являются структурными компонентами некоторого целосного ресурса  $X$ .  $X$  характеризуется своим состоянием в каждый момент времени  $\langle X, t \rangle$ , где  $t' < t = \langle t'' \rangle$  элементы упорядоченного множества – временной последовательности;

- совокупность Е-преобразований (являющиеся структурными компонентами целосной технологии «жизненного цикла» ресурса  $X$ ), где каждый компонент определяет изменения состояния компонентов  $X$ :

$$f := \langle X, t' \rangle \rightarrow \langle X, t'' \rangle \quad (1)$$

где  $\langle X, t' \rangle$  - исходное состояние  $X$  в момент времени  $t'$ , а  $\langle X, t'' \rangle$  - заключительное состояние  $X$  после действия преобразования  $f$ . Переход ресурса  $X$  из состояния в состояние заключается в изменении (в «зарождении» и (или) в «прекращении») вхождения тех или иных структурных компонент в целосное представление  $X$ . Временной интервал  $\langle t', t'' \rangle$  представляет временной период реализации Е-преобразования;

- технологию, ставящей в соответствие каждой паре, входящих в нее,  $\langle g, f \rangle$  Е-преобразований ( $f := \langle X, t' \rangle \rightarrow \langle X, t'' \rangle$  и  $g := \langle X, t'' \rangle \rightarrow \langle X, t''' \rangle$ ) их композицию ( $o$ ):

$$G o f := \langle X, t' \rangle \rightarrow \langle X, t''' \rangle \quad (2)$$

Естественно, Е-преобразование  $g$  осуществляется после окончания  $f$ , а  $\langle t', t''' \rangle$  совокупное время реализации последовательности Е-преобразований. Композиция Е-преобразований транзитивна, т.е. для произвольных Е-преобразований  $f := \langle X, t' \rangle \rightarrow \langle X, t'' \rangle$ ,  $g := \langle X, t'' \rangle \rightarrow \langle X, t''' \rangle$  и  $h := \langle X, t''' \rangle \rightarrow \langle X, t'''' \rangle$  выполняется:

$$h o g o f := \langle X, t' \rangle \rightarrow \langle X, t'''' \rangle \quad (3)$$

Композиция Е-преобразований не обладает свойством ассоциативности. Результат реализации композиции Е-преобразований определяется строгой последовательностью их применения.

- Состояния вхождения каждого структурного компонента  $R_{xi}$  в  $X$ , что определяется Е-преобразованиями, осуществивших соответствующие процессы:

$$R_{xi} := f_n \rightarrow f_k \quad (4)$$

где  $f_n$  - Е-преобразование, обеспечившее «зарождение»  $R_{xi}$  в  $X$ , а  $f_k$  - осуществившее «прекращение» существования компонента  $R_{xi}$  в  $X$ .

В общем случае, процедура преобразования  $F$  декомпозируется на подпроцедуры, которые образуют упорядоченную технологию по ее реализации. Следовательно, представление состояния объекта-ресурса в системе осуществляется с учетом динамики изменения его компонент, которое определяется упорядоченной парой процедур  $\langle f_n, f_k \rangle$ .

Семантическая законченность представления технологий на уровне структуры  $F$  не отрицает возможность последующей декомпозиции его элементов  $f_o$ , т.к. она определяется внешним аспектом – минимальностью целосного результата, имеющего значимость для пользователей. Здесь возможны следующие варианты:

- Элементарная процедура  $F_o$  осуществляет лишь процедуры «зарождения» и (или) в «прекращения» существования компонента  $R_{xi}$  в целосном ресурсе  $X$ . В этом случае достаточно представить пару процедур  $\langle f_n, f_k \rangle$ .

- Подпроцедуры, в свою очередь могут быть декомпозированы и так далее по иерархии, пока имеется семантическая целесообразность их целосного представления. Целосность существования определяется семантической законченностью элементарного Е-преобразование под руководством одного пользователя (субъекта). Так например, в системе ведения законодательного пространства можно выделить технологию общего прохождения нормативного акта (Создание (составитель)  $\rightarrow$  Принятие (Парламент)  $\rightarrow$  Утверждение (Президент)  $\rightarrow$  Опубликование (СМИ)  $\rightarrow$  Применение (Потребитель)), в Парламенте – выполняются процедуры 1, 2 и 3 чтение, в внутри каждого - своя технология прохождения

в комитетах и во фракциях. Фактически, та или иная элементарная процедура верхнего уровня технологии раскрывается в собственную технологию, по завершении которой считается выполненным процедура верхнего уровня. С точки зрения структурной полноты представления E-преобразования, элементарные процедуры типа Fo могут декомпозироваться в собственные целосные структуры, образуя иерархически вложенные структурные компоненты.

- Кроме простейших форм представления динамики изменений («зарождение» и (или) «прекращение» существования компонента) могут существовать более сложные формы преобразований, определяемые сутью алгоритма и реализуемые программными модулями. Программные модули могут рассматриваться как «черный ящик» - внутренность элементарного E-преобразования, на вход которой подаются соответствующие аргументы. Полученные значения преобразования оформляются по принципу «прекращение» (для аргументов) и «зарождение» (для значений) компонент в состоянии E-ресурса.

Зависимости технологий преобразований. Как было отмечено в (1), технологии определяются для целосных объектов X и характеризуются состоянием существования его компонент {Rxi}. Технология F [X] называется полной технологией относительно объекта [ X ] с множеством его состояний { <X, ti >}, если любые E-преобразования из F определяет начальный fn и конечный fk пороговые пределы принадлежности всех компонент { Rxi } целосному объекту X. Частично упорядоченное по времени множество { <X, ti >} образует трафик изменения объекта X. Однако, E-преобразование fi из F, может быть многопараметрным, на входе и выходе которого определены несколько параметров. При этом преобразование fi является:

- Расщепляющим - если на входе E-преобразования имеется один параметр, а на выходе – несколько;
- Созидательным - если на входе E-преобразования имеются несколько параметров, а на выходе – один.

В общем случае, у E-преобразования могут быть различной мощности множества входных и выходных параметров. Т.к. технология F [X] рассматриваются относительно объекта X, то многопараметрные E-преобразования порождают наличие нескольких относительных технологий, которые пересекаются (относительно параметров) в данном fi. Так, расщепляющее fi, по крайней мере, дает начало начало (порождает) технологию преобразований для новых объектов Xj, а созидательное fi, кроме порождения, завершает технологий преобразований для всех выходящих параметров. Следовательно, совокупная технологическая схема функционирования системы представляет собой сложную сеть пересечений относительных технологий.

Типы преобразований. Рассмотренные выше основные положения E-преобразований были связаны с представлением динамики изменения структур объект-ресурсов, их компонент вида  $R := \langle X, R^{\wedge}, Y \rangle$ . Различные виды отношений позволяют описывать семантику различных динамических процессов реального мира. Отношение E-владения субъектом С предметом X позволяет представить процесс изменения субъекта владения как процедуру E-передачи, ставящей в соответствие каждой упорядоченной паре  $\langle Ra, Rb \rangle$  E-владений процедуру E-преобразования:

$$F_{\Pi} := Ra \rightarrow Rb \tag{5}$$

где  $Ra := \langle Ca \rightarrow X \rangle$  и  $Rb := \langle Cb \rightarrow X \rangle$  - отношения владения предметом X соответственно субъектами Ca и Cb, причем для Ca это владение заканчивается в результате реализации процедуры fп, а для Cb – этот процесс только начинается. fn и fk - являются начальными и конечными процедурами вхождения (прекращения) владения, **соответственно, субъектами Ca и Cb (6).**

$$\begin{matrix} Ra & < & \rightarrow & X & \Leftarrow & (F_{\Pi} & f_n, & f_{\Pi} & & ) \\ := & Ca & & & & : & & & & \end{matrix} \tag{6a}$$

$$\begin{matrix} Rb & < & \rightarrow & X & \Leftarrow & (F_{\Pi} & f_{\Pi}, & f_k & & ) \\ := & Cb & & & & : & & & & \end{matrix} \tag{6б}$$

композиция E-передач транзитивна, т.е. для произвольных E-передач  $f := Ra \rightarrow Rb$ ,  $g := Rb \rightarrow Rc$ ,  $h := Rc \rightarrow Rd$  выполняется:

$$h \circ g \circ f : Ra \rightarrow Rd \tag{7}$$

Композиция E-передач не обладает свойством ассоциативности. Результат реализации композиции E-передач определяется строгой последовательностью их применения, т.е. E-объект не может быть передан другому E-субъекту, если он им не владеет. Соответственно можно формализовать такие процессы как «Сделка», которая представляется как взаимная передача ресурсов:

$$\begin{array}{l} Ra <C \rightarrow X \Leftrightarrow (F_{\Pi} : f_{\Pi}, f_{\Pi}) \\ := a > \end{array} \quad (8a)$$

$$\begin{array}{l} Rb <C \rightarrow Y \Leftrightarrow (F_{\Pi} : f_{\Pi}, f_{\Pi}) \\ := b > \end{array} \quad (8б)$$

$$\begin{array}{l} Ra <C \rightarrow Y \Leftrightarrow (F_{\Pi} : f_{\Pi}, f_{\Pi}) \\ := a > \end{array} \quad (8в)$$

$$\begin{array}{l} Rb <C \rightarrow X \Leftrightarrow (F_{\Pi} : f_{\Pi}, f_{\Pi}) \\ := b > \end{array} \quad (8г)$$

Сделка может обладать сложной структурой, в которой могут участвовать несколько *E-субъектов* и каждая *E-передача* может быть декомпозирована в совокупность подделок, образующих собственные схемы *E-передач* и связанных логическими и временными зависимостями. Рассматривая понятие сделка необходимо ввести понятие ценностная эквивалентность. Совокупность *E-ресурсов* являются ценностно эквивалентными относительно *E-субъектов*  $Ca$  и  $Cb$ , если для пары  $(X, Y)$ , входящих в *E-владения*  $Ra := Ca \rightarrow X$ ,  $Rb := Cb \rightarrow Y$  они являются эквивалентными:

$$(Ra := Ca \rightarrow X) \simeq (Rb := Cb \rightarrow Y) \quad (9)$$

- Сделка является взаимноприемлемой, если для каждого *E-субъекта*  $C$ , участвующего в сделке, по всем его *E-передачам* выполняется соответствующая ценностная эквивалентность.
- Сделка является презентом, если для некоторого *E-субъекта*  $C$ , участвующего в сделке, если результирующий ценностный эквивалент всех его *E-передач* равен нулю. Устойчивость сделки подразумевает ее взаимноприемлемость для всех *E-субъектов*  $C$ , участвующих в сделке, и возможность реализуемости в действительности.

Все компоненты системы изменяются во времени. Время является неотъемлемой характеристикой динамических процессов в системе. Абстрактный объект  $T$  представляет собой линейно упорядоченное множество - "временное пространство"  $T$ , который состоит из "мгновений времени"  $t_i$ . "Мгновенья времени" объединены во временные интервалы  $T'$  и представляются в нижней и в верхней границах  $\langle t', t'' \rangle$ . Исходя из того, что каждый тип *E-объекта* динамичен, то они должны быть доопределены временным интервалом  $T' := \langle t', t'' \rangle$ , своего реального существования. Соответственно, временной интервал  $T'$  становится еще одним измерением представления *E-объектов* (10):

$$R := \langle R^{\wedge}, Y \Leftrightarrow (F : f_{\Pi} f_{\Pi}) :: (T' : t', t'') \rangle \quad (10)$$

Соответственно, временные семантические интерпретации *E-объектов* в зависимости от их сути будут следующими:

- для **E-отношений**  $(R := \langle X, R^{\wedge}, Y \rangle)$  и, соответственно, **E-объектов**  $(E := \langle E, =, E \rangle)$  -  $T'$  отражает временной интервал их существования (жизни) в реальном мире. Временной интервал существования  $T'$  определяется целиком для отношения  $R$ , а не его отдельных составляющих  $X$  и  $Y$ ;
- для **E-преобразований**  $(f := R \rightarrow G)$  -  $T'$  есть полное время реализации преобразования  $f$ . Фактически  $T'$  есть период переходного процесса преобразования и относится непосредственно к  $f$ , как к *E-объекту*. В частном случае *E-преобразование* может происходить мгновенно ( $t' = t''$ ).
- для **E-владений**  $(R := Ca \rightarrow X)$  -  $T'$  соответствует ограниченному интервалу владения субъектом  $Ca$  ресурсом  $X$ ;
- для **E-передач**  $(f_{\Pi} := Ra \rightarrow Rb)$  -  $T'$  есть полное время реализации передачи (где  $Ra := \langle Ca \rightarrow X \rangle$  и  $Rb := \langle Cb \rightarrow X \rangle$  - отношения владения предметом  $X$  соответственно субъектами  $Ca$  и  $Cb$ ). Как и в случае преобразований,  $T'$  есть период переходного процесса передачи, который также может происходить мгновенно ( $t' = t''$ ). В момент  $t''$  - субъект  $Ca$  теряет исключивное право на владение объектом  $X$ , а субъект  $Cb$ , соответственно, его получает.
- для **развития системы**, что представляет собой *E-преобразование*, аргументом которого является подсистема в различных состояниях  $(Fu := Sp' \rightarrow Sp'')$ . Развитие подсистемы можно представить как

изменение ее абстрактного представления. В этом случае, верхняя граница временного интервала актуальности абстрактного представления  $t'' = W$ , т.к. на текущий момент времени  $t$ , при описании реального мира, невозможно описать его последующие изменения. Возможные исследования развития системы можно только моделировать. Предлагаемые в работе принципы описания систем, позволяют также создавать «**модели**» будущего функционирования фрагментом (подсистем). Для этого достаточно моделируемому фрагменту присвоить статус «модель» и исследовать (работать) в этом виртуальном фрагменте. Более того, присваивая «моделям» различные имена, можно будет проводить исследования в различных виртуальных мирах.

Представления временных составляющих систем определяются следующими положениями:

- Временные параметры изменений абстрактных представлений определяют допустимость реализации реальных технологий и их процедур.
- Временные интервалы  $T'$  являются полноценными объектами системы и, следовательно, они могут входить в логические зависимости и образовывать соответствующие сложные конструкции, чем будут оказывать влияние и обуславливать протекание технологических процессов в ИКС.
- Задание временного интервала  $T^{\wedge}$  на всю ИКС или ее фрагмент обусловит ее **виртуальное** представление в ограниченном временном пространстве. Это фактически проекция информационного представления в заданном временном интервале, не отражающая все ретроспективы функционирования. В заключении следует отметить, что будь то перемещение объекта из класса в класс, либо изменение связей внутри структуры, либо отношений с объектами других миров, суть «преобразования» заключается в «актуализации» или в прекращении «актуализации» соответствующих отношений. Фактически отношения имеют временной интервал своей «актуализации» (существования), а процедуры преобразований, в зависимости от созданных условий и внешних воздействий, их реализуют.

### **Заключение**

Выделение функций организации и ведения технологий в отдельную самостоятельную компоненту системы позволит осуществлять не только эффективную организацию процессов в ИКС. Технологии представлены как информационные объекты со собственными уровнями обобщенного представления и технологической вложенности. Разработанное аксиоматическое представление технологий и процедур преобразования позволяют формализовано представлять организацию процессов по вводу, обработке и распространению информации. Данное описание обеспечивает целостность представления подсистем, задач, процедур и технологий по их реализации, т.е. представление динамики функционирования ИКС. Единые механизмы ведения технологий предоставят широкий спектр возможностей одновременного активного участия в большом количестве различных технологических процессов. Возможности комплексного анализа состояний как по совокупности процессов, так и отслеживание прохождения отдельного процесса, создадут благоприятные условия по уменьшению рутинной составляющей в деятельности, по упорядочению интеллектуального труда, обеспечивая при этом повышение творческой эффективности и исполнительской дисциплины.

### **Литература**

1. Голдбрэт Р. Топосы: категорный анализ логики - М.: Мир. –1983 г.
2. Цаленко М. Моделирование семантики в базах данных - М.: Наука. –1989 г.

V. Tskhvedadze, I. Tskhvedadze, I. Nadiradze

**FORMALIZATION OF TECHNOLOGIES OF SYSTEMS' FUNCTIONING**

**Summary**

The major aspect of introduction (or description) of any system is formalization of its components' functioning in dynamics. The technology is a comprehensive sequence of procedures on transformation of a subject(in the real world) or data (in information-computer system) from one state to another. Procedure (transformation) is the fragment of technology determining semantic completeness of change of state (properties) of an object at different levels of decomposition. Generally, transformation procedure is decomposed on sub procedures that form the ordered technology. Position of any object-resource within a system is carried out taking into consideration dynamics of change of its components, that can be defined by two related procedures: initiation and ending. In the given article are considered issues regarding technological dependences and transformation types. Dynamic processes within systems are formalized. Time is the integral characteristic of dynamic processes of any system. Time is defined as an abstract object and various semantic interpretations on objects transformation in time are considered within the article.

**ვ. ცხვედაძე, ი. ცხვედაძე, ი. ნადირაძე**

**სისტემების ფუნქციონირების ტექნოლოგიების ფორმალიზების ფორმალიზება**

**რეზიუმე**

სისტემების წარმოსახვის (აღწერის) უმნიშვნელოვანეს ასპექტს წარმოადგენს დინამიური შემადგენელი ნაწილის ფორმალიზაცია. ტექნოლოგია — ესაა მთლიანი, პროცედურების თანამიმდევრობა ობიექტების აღწერის ცვალებადობისა ინფორმაციულ—კომპიუტერულ სისტემებში. ობიექტ—რესურსის მდგომარეობის წარმოდგენა ამ სისტემაში სორციელდება მისი კომპონენტების ცვალებადობის გათვალისწინებით, რომელიც ისაზღვრება წყვილი, მოწესრიგებული პროცედურებით, მისი დასაწყისისა და დასასრულის აქტუალობისა და მიხედვით სისტემაში. ნაშრომში განიხილება ტექნოლოგიების ურთიერთდამოკიდებულება და გარდაქმნის ტიპები. ფორმალიზირდება წარმოსახვა დინამიური პროცესებისა სისტემაში.