

УДК 519.688 + 519.683.7

С.И. Маторин

О НОВОМ МЕТОДЕ СИСТЕМОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА, СОГЛАСОВАННОМ С ПРОЦЕДУРОЙ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ. ЧАСТЬ 2

ВВЕДЕНИЕ

Бурное развитие объектно-ориентированного подхода к анализу и проектированию информационных и организационных систем в связи с увеличением их сложности, а также возрастание, по той же причине, интереса к результатам и методам системных исследований, столкнулись с проблемой «ортогональности» общеизвестных методов системного и объектно-ориентированного анализа. Решение данной проблемы удалось найти в рамках развиваемого в лаборатории Приобретения знаний ХНУРЭ нового научного направления системологического анализа сложных динамических объектов [1]. Это решение основано на использовании в ходе анализа и проектирования систем базовой иерархии классов (basic classifier) и формально-семантической адаптивной нормативной системы [2], позволяющих осуществлять такую декомпозицию разрабатываемой системы, которая является одновременно и структурной, и объектной, и функциональной. Названные возможности базовой иерархии классов (и основанной на ней нормативной системы) обусловлены тем, что данная иерархия представляет собой классификацию системных компонент, рассматриваемых как функциональные объекты, построенную с помощью системологического классификационного анализа, являющегося результатом решения известной «проблемы естественной классификации» [3].

В работе [2] представлена объектно-ориентированная системологическая методология анализа и проектирование (OMSAD) сложных динамических объектов, являющаяся результатом, с одной стороны, знаниеориентированного развития системного анализа и, с другой стороны, системологического развития объектного подхода. Продолжая целенаправленное развитие данной методологии, рассмотрим иерархию классов «Узлы – Функции – Объекты» (УФО-иерархию или UFO/JAO-иерархию), являющуюся частью базовой. Она позволяет создать более формализованный алгоритм объектно-ориентированного системологического анализа и эффективный CASE-инструментарий его поддержки и моделирования организационных и информационных систем.

МОДИФИКАЦИЯ БАЗОВОЙ ИЕРАРХИИ КЛАССОВ

Базовая иерархия классов, обладает некоторыми ограничениями, накладываемыми операцией абстрагирования/конкретизации (обобщения/специализации), за счет которой строятся таксономические структуры. Модификация базовой иерархии, за счет которой из нее выделяется УФО-иерархия, позволяет снять эти ограничения. Дело в том, что рассмотрение элементов отдельно от связей (функционирования отдельно от отношений и частей отдельно от целого) не позволяет в полной мере отразить специфику реальных системных отношений. В действительности не существует элементов без связей, функциональности, не обеспечивающей каких-либо отношений (взаимодействий), и частей без целого. Единовременное (целостное) рассмотрение этих аспектов реальности может быть осуществлено путем учета как родо-видовых, так и партитивных отношений. Если рассматривать элементы системы не только с точки зрения их функционирования,

поддерживающего систему, но и с точки зрения их роли в структуре связей этой системы как «проточных» узлов, то можно модифицировать упомянутую иерархию классов, что и показано на рисунке 1. УФО-иерархия представляет собой, таким образом, концептуальную классификационную модель элементов, рассматриваемых как объекты, функционирующие в «проточных» узлах системы.

При этом использованы следующие условные обозначения:

- LL – элемент/объект (система), преобразующий элементы входной связи « L » (маленькое как большое) в элементы выходной связи « L » (БОЛЬШОЕ).
- $L(L)$ – функция преобразования (отображения) множества элементов (L) (в скобках, правое) в множество элементов L (без скобок, левое), т.е. $L = F(L)$.
- $(L)L$ – узел, имеющий в структуре надсистемы на входе поток элементов « L » (левое, в скобках) и на выходе поток элементов « L » (правое, без скобок).

В данном случае L (в виде большой или маленькой буквы) обозначает класс элементов любой природы некоторого глубинного яруса рассматриваемых систем, которыми эти системы обмениваются по своим связям.

В результате смысл понятий, т.е. интерпретация классов базовой иерархии (ЭЛЕМЕНТ, ФУНКЦИЯ и т.д.) уточняется в УФО-иерархии (ОБЪЕКТ, ФУНКЦИЯ и т.д.) с учетом обязательного наличия у элементов/объектов связей, а у функций (в более широком, чем математический смысле) -- отношений. Проточный же УЗЕЛ рассматривается как целостность, существующая обязательно как структурная часть другого целого. Такой подход (еще в большей степени, чем реализованный в [2] на уровне базовой иерархии) соответствует концептуальным представлениям функциональной системологии.

Согласно данным представлениям [4 - 6], свойства систем рассматриваются как внутренние способности этих систем поддерживать связи некоторого вида и/или препятствовать осуществлению связей какого-либо вида, т.е. характеризуются связями с другими системами. Любая же связь между системами есть процесс обмена между ними элементами определенных глубинных ярусов связанных систем. Таким образом, свойства системы понимаются как проявление ее активности включаться в связи, в обменные потоки с другими системами в структуре надсистемы. Следовательно, к первичным (качественным) свойствам системы следует отнести ее способность быть узлом в некоторой структуре, а к вторичным (количественным, формальным) -- ее способность функционировать в этом узле, обеспечивая баланс «притока» и «оттока» по входящим и выходящим связям. Таким образом, анализ средствами функциональной системологии свойств системы как целостного объекта «основывается прежде всего на обнаружении тех потоков, в которые он включен как элемент надобъекта, т.е. как «проточный» элемент в сети замкнутых обменных потоков надобъекта. Естественно, что обнаружение этих качеств будет одновременно и достаточно полной характеристикой функций этого объекта, и выразителем его целостности, ибо в качественных характеристиках не может не проявиться в этом случае балансность втекающих и вытекающих потоков» [4, с. 43].

Представленная иерархия, также как и базовая иерархия классов, описанная в работе [2], позволяет сформировать адаптивный набор алфавитных символов (формально-семантический алфавит), однозначно интерпретируемых по своим дефинициям (свойствам) и пользователем, и компьютером. Данный алфавит представляет собой совокупность конкретных классов (листьев) классификационной схемы (в данном случае: узлов, функций и объектов), а также совокупность соответствующих экземпляров этих классов, из которых, собственно, и строится объектная модель системы в ходе объектно-ориентированного системологического анализа и проектирования.

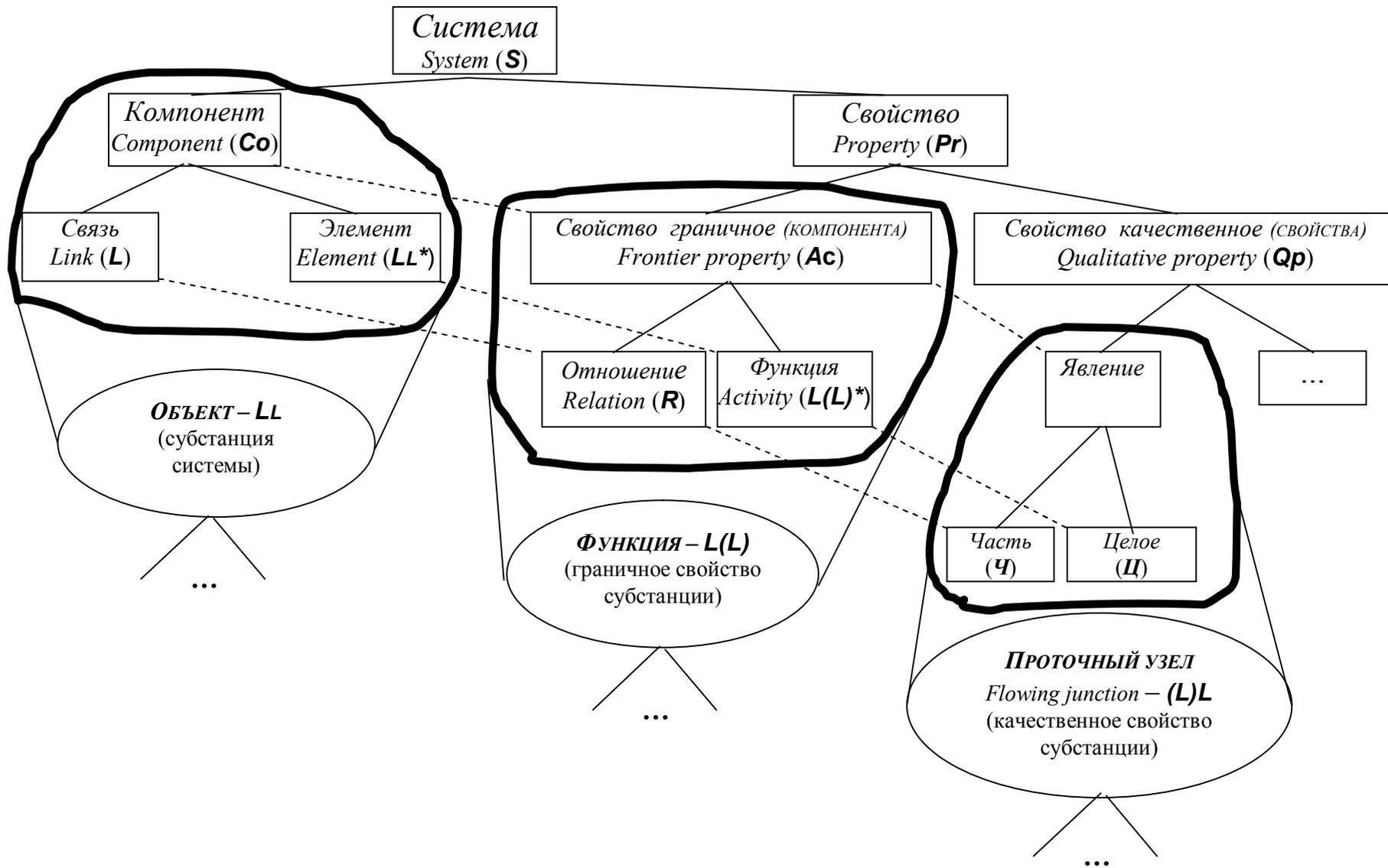


Рис. 1. Получение иерархии классов «Узлы – Функции – Объекты» из базовой иерархии.

ФОРМАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНОГО «ПРОТОЧНОГО» ОБЪЕКТА

Рассмотрим вариант формализации системологического понимания СИСТЕМЫ с помощью логико-математической интерпретации компонент и свойств, учтенных в названных иерархиях классов. Очевидно, что по сравнению с результатом представленным в работе [2] только на основании базовой иерархии, в данном случае будет иметь место некоторое уточнение формального представления системы за счет учета УФО-иерархии. При этом классы будем обозначать наклонным шрифтом, т.е. курсивом, а экземпляры без наклона, т.е. обычным шрифтом, в соответствии с рис. 1.

Как было показано в работе [2], можно формализовать представление о конкретной системе (явлении) как функциональном объекте с помощью упорядоченного набора классов следующим образом: $S = \langle L, R, LL^*, L(L)^* \rangle$, где класс L представляет конкретный класс «СВЯЗЕЙ», в которых участвует система-явление S (т.е. соответствующее множество элементарных компонент, образующих связующие потоки), а R -- конкретное «ОТНОШЕНИЕ» (как явление), определенное на множестве элементарных компонент, образующих указанные связи (связующие потоки); LL^* -- конкретный класс «ЭЛЕМЕНТ» (трансформер или трансмиттер [2]), к которым относится система-явление S , а $L(L)^*$ -- конкретная «ФУНКЦИЯ» как явление (преобразование или отображение [2]), заданное на множестве элементарных компонент, протекающих через систему S по входящим и выходящим связям.

При этом функциональные связи системы в структуре надсистемы (узел) характеризуют внешнюю детерминанту (D^{ex}) системы как явления, а ее функциональность -- внутреннюю детерминанту (D^{in}) данной системы-явления.

Структура и свойства представленных иерархий классов (рис. 1) позволяют утверждать, что: $L = \langle Co, R \rangle$, $R = \langle R, Ч \rangle$, $LL^* = \langle Co, L(L)^* \rangle$, $L(L)^* = \langle L(L)^*, Ц \rangle$, где R -- конкретный класс «ОТНОШЕНИЕ»; $Ч$ -- явление «ЧАСТЬ», определяющее конкретное проявление отношения R ; $L(L)^*$ -- конкретный класс «ФУНКЦИЯ»; $Ц$ -- явление «ЦЕЛОЕ», определяющее конкретную функцию $L(L)^*$ как явление. Таким образом: $S = \langle Co, R, Ч, L(L)^*, Ц \rangle$.

При этом, с учетом партитивных отношений между классами (УФО-иерархии), можно утверждать, что:

- $Ч \vee Ц = (L)L$, представляющему собой явление «УЗЕЛ», соответствующее D^{ex} системы-явления S и определяющее ее связующие потоки (класса L) в структуре надсистемы-явления.
- $R \vee L(L)^* = L(L)$, представляющему конкретный класс «ФУНКЦИЯ», соответствующий D^{in} системы S . При этом область определения $Dom L(L)$ есть множество элементов входных связей системы S , а область значения $Im L(L)$ – выходных.
- $Co = LL$, представляющему конкретный класс «ОБЪЕКТ», экземпляром которого является система S .

Следовательно: $S = \langle LL, L(L), (L)L \rangle$, т.е. система, как функциональный «проточный» объект, представляет собой сущность, характеризующуюся узлом в структуре надсистемы, множеством функций, балансирующих данный узел, и множеством объектов, реализующих данные функции.

Отметим, что данное представление системы хорошо согласуется, например, с понятием «образующей» в теории паттернов Гренандера [7]. Под образующей в ней понимается объект, обладающий некоторыми признаками, а также входящими и выходящими связями (в

свою очередь характеризующимися некоторыми показателями). При этом, в нашем случае, можно рассматривать LL и $L(L)$ как признаки объекта образующей, а $(L)L$ как связи, показатели которых есть типы L .

ИСЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ «ПРОТОЧНЫХ» ОБЪЕКТОВ

Для представления содержательных концептуальных положений функциональной системологии в виде дедуктивной теории недостаточно формального определения системы (как функционального «проточного» объекта), необходимы исходные утверждения, т.е. аксиомы. Рассмотрим один из возможных вариантов аксиом такой теории, полученный путем логико-математического описания УФО-иерархии и формализации содержательных аксиом представленных в работе [8] (в данном случае будем говорить только о классах и пользоваться нормальным шрифтом).

УФО-иерархия может быть представлена, например, следующей парой логико-математических выражений:

$$\exists! S = \{LL, Pr\}: Pr = \{L(L), Qp\} \rightarrow LL = \langle S, L(L) \rangle \wedge Pr = \langle S, Qp \rangle;$$

$$(L)L \subset Qp \rightarrow L(L) = \langle Pr, (L)L \rangle,$$

где S -- система; LL -- функциональный объект; Pr -- свойство; $L(L)$ -- функция; Qp -- качественное свойство; $(L)L$ -- проточный узел.

По сути дела данные выражения, которые можно рассматривать как аксиомы теории функциональных «проточных» объектов или соответствующего исчисления систем, позволяют задать формально-логические определения знаков для системных элементов и их свойств, т.е. алгоритмическим образом (конструктивно) определить их семантику.

При этом, исходя из представленных выражений, видно, что: $LL = \langle S, L(L) \rangle$, т.е. ОБЪЕКТ есть СИСТЕМА, характеризующаяся ФУНКЦИЕЙ; $L(L) = \langle Pr, (L)L \rangle$, т.е. ФУНКЦИЯ есть СВОЙСТВО, являться УЗЛОМ. Таким образом, можно сказать, что $LL = \langle S, Pr, (L)L \rangle$. При этом, однако, $Pr = \langle S, Qp \rangle$. Следовательно, можно утверждать, что $LL = \langle S, Qp, (L)L \rangle$, т.е. функциональный «проточный» объект описывается неопределяемыми в данной формальной системе понятиями: «СИСТЕМА», «КАЧЕСТВО», «УЗЕЛ». Это означает, что все вводимые в рассмотрение для конкретной предметной области виды класса «ОБЪЕКТ -- LL » могут быть формально-логически определены с помощью кортежа, началом которого является представленный выше кортеж из неопределяемых классов и цепочки вложенных друг в друга видов класса «УЗЕЛ -- $(L)L$ ».

Введенные аксиомы являются реализацией так называемого эпистемологического подхода в системных исследованиях, в рамках которого «рассматриваются все возможные системы, независимо от того, действительно ли они существуют в реальном мире. Затем постулируются законы, относящиеся к подмножеству систем» [9, с. 83]. Данные аксиомы являются аналитическим выражением концептуальной модели предметной области предельно высокого уровня абстракции и, поэтому, они являются базой для задания формально-семантического алфавита исчисления систем как функциональных «проточных» объектов, описывающего произвольную предметную область.

Для применения данной теории в конкретной предметной области необходимо иметь возможность формирования алфавитных символов, обладающих не абстрактной, а конкретной семантикой, соответствующей данной предметной области. При этом, если говорить о применении формальной аксиоматической теории, естественно, должна существовать возможность специализации абстрактной концептуальной модели (аксиом) и

построения модели конкретной предметной области.

Рассмотрим алгоритм построения аналитической концептуальной модели конкретной предметной области. Данный алгоритм основан на учете видов связующих элементов (в данном случае подклассов класса L ; см. для сравнения подклассы класса B связей в работе [2]), обеспечивающих в рассматриваемой системе взаимодействие ее элементов.

Во-первых, для специализации абстрактной концептуальной модели в концептуальную модель, определяющую семантику знаков для элементов систем, в структуре которых учтено два вида связей (материальные – M и информационные – I), необходимо использовать следующее правило специализации классов УФО-иерархии:

$$YX \subset LL, YX = \langle LL, Y(X) \rangle \leftrightarrow Y(X) \subset L(L), Y(X) = \langle L(L), (X)Y \rangle \leftrightarrow (X)Y \subset (L)L.$$

Или в сокращенном варианте:

$$YX^i = \langle LL, (X)Y^1, (X)Y^2, \dots, (X)Y^i \rangle, \text{ где } (X)Y^1 \subset (L)L, (X)Y^2 \subset (X)Y^1, \dots, (X)Y^i \subset (X)Y^{i-1}.$$

В соответствии с введенным правилом при $Y = M, X = M$ будем иметь следующую модель для систем с материальными связями:

$$Mm \subset LL, Mm = \langle LL, M(M) \rangle \leftrightarrow M(M) \subset L(L), M(M) = \langle L(L), (M)M \rangle \leftrightarrow (M)M \subset (L)L.$$

При $Y = M, X = I$ будем иметь следующую модель для систем с выходными материальными и входными информационными связями:

$$Mi \subset LL, Mi = \langle LL, M(I) \rangle \leftrightarrow M(I) \subset L(L), M(I) = \langle L(L), (I)M \rangle \leftrightarrow (I)M \subset (L)L.$$

При $Y = I, X = M$ будем иметь следующую модель для систем с выходными информационными и входными материальными связями:

$$Im \subset LL, Im = \langle LL, I(M) \rangle \leftrightarrow I(M) \subset L(L), I(M) = \langle L(L), (M)I \rangle \leftrightarrow (M)I \subset (L)L.$$

При $Y = I, X = I$ будем иметь следующую модель для систем с информационными связями:

$$Ii \subset LL, Ii = \langle LL, I(I) \rangle \leftrightarrow I(I) \subset L(L), I(I) = \langle L(L), (I)I \rangle \leftrightarrow (I)I \subset (L)L.$$

Или в сокращенном варианте:

$$Mm = \langle LL, (M)M \rangle; Mi = \langle LL, (I)M \rangle; Im = \langle LL, (M)I \rangle; Ii = \langle LL, (I)I \rangle.$$

Во-вторых, для дальнейшей специализации концептуальной модели (иерархии классов) и получения моделей, определяющих семантику знаков для элементов систем, в структуре которых учтены более конкретные виды связей, (т.е. виды материальных связей – вещественные – V и энергетические – E и виды информационных связей – данные – D и управляющие – C), необходимо заменить в выражении названного выше правила $LL, L(L), (L)L$ на $Mm, M(M), (M)M$ соответственно и получить аналогичные показанным выше модели для систем с вещественными и энергетическими связями. Затем заменить $LL, L(L), (L)L$ на $Mi, M(I), (I)M$ соответственно и получить аналогичные модели для систем со всеми видами материальных и информационных связей. Затем заменить $LL, L(L), (L)L$ на $Im, I(M), (M)I$ соответственно и опять получить модели для систем со всеми видами материальных и информационных связей. Затем заменить $LL, L(L), (L)L$ на $Ii, I(I), (I)I$ соответственно и получить модели для систем со связями по данным и по управлению.

Или в сокращенном варианте:

$$Vv = \langle LL, (M)M, (V)V \rangle; Ve = \langle LL, (M)M, (E)V \rangle; Ev = \langle LL, (M)M, (V)E \rangle;$$

$$Ee = \langle LL, (M)M, (E)E \rangle.$$

$$Vc = \langle LL, (I)M, (C)V \rangle; Vd = \langle LL, (I)M, (D)V \rangle; Ec = \langle LL, (I)M, (C)E \rangle;$$

$$Ed = \langle LL, (I)M, (D)E \rangle.$$

$CV = \langle LL, (M)I, (V)C \rangle$; $CE = \langle LL, (M)I, (E)C \rangle$; $DV = \langle LL, (M)I, (V)D \rangle$;
 $DE = \langle LL, (M)I, (E)D \rangle$.
 $CC = \langle LL, (I)I, (C)C \rangle$; $CD = \langle LL, (I)I, (D)C \rangle$; $DC = \langle LL, (I)I, (C)D \rangle$;
 $DD = \langle LL, (I)I, (D)D \rangle$.

В дальнейшем можно продолжать специализацию классов относительно каждого вновь введенного вида объекта (функции и узла). На рисунке 2 с учетом типов связей, введенных в работе [2], представлен пример иерархии функций, изоморфной (в соответствии с закономерностями естественной классификации) иерархии классов узлов и объектов.

Неотъемлемой частью любой формальной системы, в том числе и аксиоматической, являются правила манипулирования ее алфавитом, т.е. правила построения выражений, синтаксически правильных и семантически осмысливаемых с точки зрения данной формальной системы. Рассмотрим правила манипулирования символами формально-семантического алфавита для исчисления систем как функциональных «проточных» объектов, т.е. правила построения объектных моделей систем в терминах данного исчисления.

ПРАВИЛО БАЛАНСА:

$\forall (X_i)Y^j \exists Y^j(X_i)$, где $i = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, m$, т.е. для любой D^{ex} существует соответствующая D^{in} .

Данное правило означает, что в узлах структуры системы должен соблюдаться качественный и количественный баланс «притока» и «оттока» входящих и выходящих функциональных связей.

ПРАВИЛО ПРИСОЕДИНЕНИЯ:

$\forall Y^j(X_i) \exists Y^j X_i$, где $i = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, m$, т.е. присоединение элементов друг к другу должно осуществляться в соответствии с качественными и количественными характеристиками присущих им связей.

Данное правило означает, что функциональный элемент должен использоваться в соответствии со своей внутренней детерминантой D^{in} , которую представляет его функция.

Приведенные правила аналогичны правилам системной декомпозиции, рассмотренным в работе [2]. Однако, в данном случае они являются формальным следствием введенной в настоящей работе аксиоматики. Действительно, из справедливости равенства $Y(X) = \langle L(I), (X)Y \rangle$ (см. правило специализации классов), очевидно, следует правило баланса, а из справедливости равенства $YX = \langle LL, Y(X) \rangle$ (см. там же) -- правило присоединения.

Естественно, названные правила описывают ситуацию формально (идеально). Это значит, что само по себе первое правило требует только поддержания функцией определенных узлов потоков. Каким образом (какой системой-субстанцией) обеспечивается это функциональное поддержание, данное правило не оговаривает. Правило же присоединения, само по себе, требует только наличия у системы входных и выходных связей, соответствующих внутренней детерминанте (функциональной способности). При этом необходимость соответствия требованиям среды или надсистемы не оговаривается. Таким образом, даже если система удовлетворяет требованиям указанных правил по отдельности, может возникнуть ситуация при которой, например, система, функционирующая в некотором узле, может иметь и другие функциональные способности, не требующиеся узлом (т.е. надсистемой) в данном случае. Учет одновременно и первого и второго правила приводит к очевидному следствию.

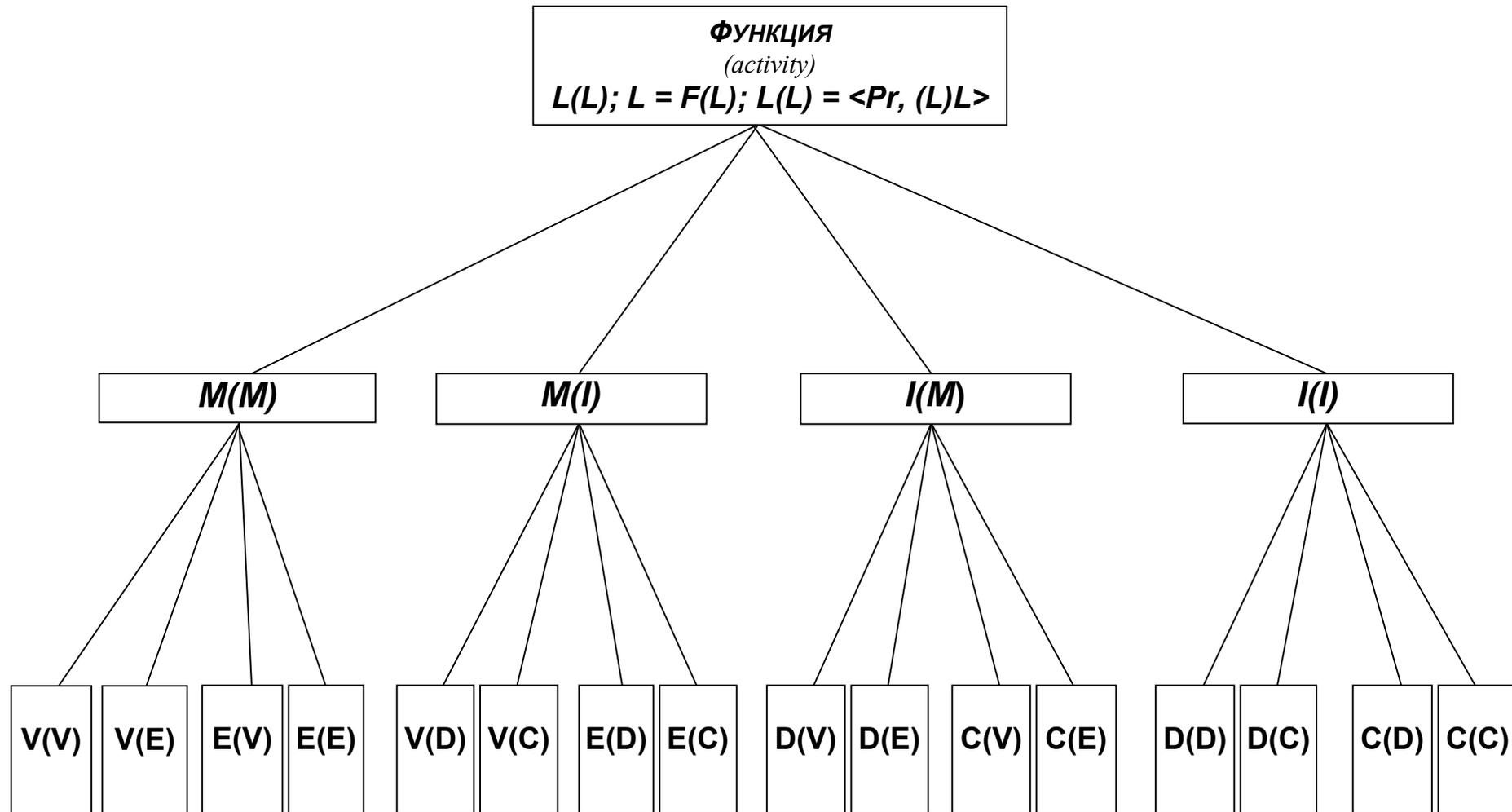


Рис. 2. Классификация функций систем, как функциональных «проточных» объектов (изоморфная иерархии узлов и объектов).

УТВЕРЖДЕНИЕ 1:

$\forall (X_i)Y^j \exists Y^j X_i$, где $i = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, m$, т.е. функциональный элемент должен соответствовать внешней детерминанте D^{ex} , которую представляет проточный узел.

Данное утверждение требует уже наличия у системы не только соответствующей функциональной способности, но и соответствия функционирования системы требованиям данного узла. Это значит, что функционирование системы в данном узле не должно быть избыточным и должно обеспечивать преобразование именно предоставляемых узлом входов в требуемые им выходы.

Систему $Y^j X_i$, функционально соответствующую своему узлу, т.е. удовлетворяющую утверждению 1 или для которой справедливо выражение: $(Y^j)X_i \rightarrow Y^j(X_i) \rightarrow Y^j X_i$, будем называть адаптированной к запросу надсистемы. Приведенное понимание адаптации соответствует системологическому подходу к данному понятию как отношению области требуемых функциональных состояний к области возможных [4], а также введенному в работе [6] понятию меры системности. Следовательно, в терминах исчисления систем как функциональных «проточных» объектов степень адаптации (адаптированность) системы может быть оценена путем качественного и количественного сравнения потребной конкретному узлу функции, например $L^j(L_i)$, и функции, например $Y^j(X_i)$, которая осуществляется соответствующей системой экстенциально (фактически). При этом в качестве количественных характеристик, очевидно, должны использоваться такие интегральные параметры как производительность по входу и выходу (для функции) и пропускная способность (для связи).

Кроме того, правило баланса, по сути дела, означает, что любой i -ый вход (поток, связь) так или иначе (т.е. непосредственно или опосредованно промежуточными связями) «втекает» в какие-то (или какой-то) j -ые (ый) выходы (потoki, связи), а любой j -ый выход так или иначе «питается» от каких-то (или какого-то) i -ых (ого) входов. Применение правила баланса втекающих и вытекающих потоков, позволяет в терминах исчисления систем как функциональных «проточных» объектов обосновать справедливость системологического представления о замкнутости так называемых внутренних потоков (связей). Данное обоснование можно рассматривать как следующее утверждение предлагаемого исчисления.

УТВЕРЖДЕНИЕ 2:

Если в системе существует поток, не связанный так или иначе с «проточными» потоками от входа к выходу, то он замкнут (образует цикл), т.е. если в системе существует элемент YX с функцией $Y(X)$, образующей поток не связанный с потоками «вход – выход», то существует элемент XY с противоположной функцией $X(Y)$, компенсирующей (замыкающей) его.

Доказательство данного утверждения «от противного» сводится к предположению о том, что поток, не связанный так или иначе с «проточными» потоками от входа к выходу, не образует замкнутого цикла. Тогда рано или поздно данный поток проявит себя как внешний (функциональный), что приведет, очевидно, к нарушению правила баланса.

Приведенное утверждение представляет собой формализацию рассмотренного в работе [2] третьего правила системной декомпозиции, а именно ПРАВИЛА ЗАМКНУТОСТИ.

Для решения практических задач и создания метода анализа на основе предлагаемого исчисления систем как функциональных «проточных» объектов необходимо рассмотреть каким образом объекты (элементы) реальной системы могут соотноситься с функциональными объектами формально-семантического алфавита. Очевидно, что далеко не все реальные объекты будут выполнять роль бинарных узлов с одним входом и одним

выходом. На практике, естественно возможны различные комбинации описанных ниже ситуаций.

1. Объект представляет собой узел с одним входом и одним выходом, т.е. функцией преобразования одного переменного. Данный объект будем называть «элементарным» или «алфавитным объектом», так как он будет экземпляром конкретного алфавитного класса описанной выше иерархии. Элементарность объекта не означает невозможность его дальнейшей декомпозиции.

2. Объект представляет собой узел с несколькими входами и одним выходом, т.е. функцией преобразования нескольких переменных. Данный объект будет представлять собой «суперпозицию» нескольких алфавитных объектов (функций), объединенных в одну целостную (эмерджентную) субстанцию в связи с тем, что они обеспечивают одну общую функциональность. Объект в целом будет наследовать от всех соответствующих алфавитных классов.

3. Объект представляет собой узел с одним входом, обслуживающим все выходы, и несколькими выходами. Данный объект, очевидно, будет представлять собой «композицию» разных алфавитных объектов (функций), объединенных в одну субстанцию в связи с одинаковостью входных потоков. Объект в целом будет наследовать от всех соответствующих алфавитных классов. Скорее всего разъединение данных функций не представляется возможным или целесообразным.

4. Объект представляет собой узел с несколькими входами и несколькими выходами. Данный объект, очевидно, будет представлять собой «агрегацию», состоящую из нескольких функционально независимых алфавитных объектов, каждый из которых будет экземпляром определенного алфавитного класса описанной выше иерархии. Объект в целом будет наследовать от всех соответствующих алфавитных классов. В принципе данные функции могут быть выполнены разными объектами.

АЛГОРИТМ УФО/UFO-АНАЛИЗА

Развитие системологической теории путем представления ее в виде формально-семантического исчисления систем как функциональных «проточных» объектов, в основе которого лежит УФО-иерархия и соответствующий формально-семантический алфавит, позволяет предложить формализованный метод объектно-ориентированного системологического анализа и моделирования организационных и информационных систем.

Данный метод позволяет использовать формализованные правила выявления классов и объектов предметной области в процессе объектно-ориентированного анализа и проектирования, основанные на использовании таблиц [10]. Принцип подхода «Узел – Функции – Объекты» для моделирования систем произвольной природы представлен на рисунке 3. Алгоритма данного метода состоит в согласованном выявлении и моделировании структурных, функциональных и субстанциальных характеристик системы и может быть представлен следующими основными шагами:

- выявление узлов (пересечений) внутренних/поддерживающих потоков связей в структуре разрабатываемой системы на основании функциональных связей системы в целом, задаваемых требованиями на моделирование или разработку;
- выявление функциональности, поддерживающей (обеспечивающей/«балансирующей») обнаруженные узлы (в общем случае функций для одного узла может быть несколько);

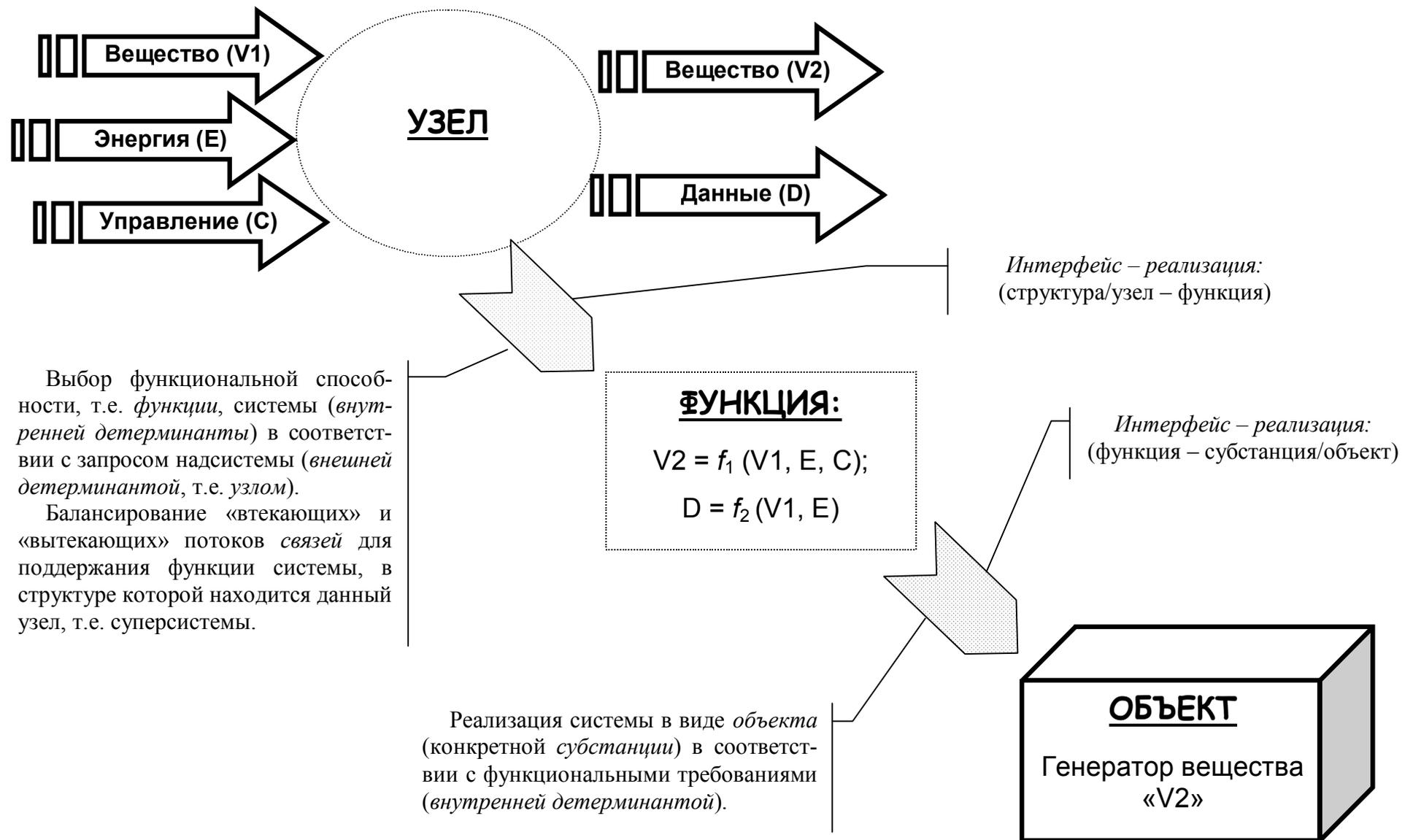


Рис. 3. Принцип подхода «Узел – Функция – Объект».

- определение объектов, соответствующих выявленной функциональности, т.е. ее реализующих.

Специфической особенностью данного метода является возможность автоматизации второго и третьего шагов, за счет использования формально-семантического алфавита, в случае наличия шаблона UFO-иерархии, содержащего подходящие для данной задачи готовые узлы, функции и объекты. При этом первый шаг может быть отождествлен с этапом анализа системы, второй – с этапом ее проектирования, а третий – с ее реализацией. Схема алгоритма представлена на рисунке 4.

Результаты создания метода системологического анализа используются, в настоящее время, в ходе разработки CASE-средства нового поколения -- UFO-toolkit (User Functional Object), поддерживающего процедуры UFO-анализа и облегчающего анализ и проектирование сложных систем как аналитикам-профессионалам, так и специалистам различных предметных областей.

ИНСТРУМЕНТАРИЙ UFO-АНАЛИЗА

Рассмотрим назначение разрабатываемого инструмента и его основные особенности. Программное средство поддержки UFO-технологии системологического объектно-ориентированного анализа и моделирования представляет собой CASE-инструмент категории toolkit, использующий базу знаний специальной конфигурации. Инструмент предназначен для построения объектных и имитационных моделей сложных динамических (организационных) систем и характеризуется следующими основными принципиальными особенностями:

- Значительное снижение трудоемкости проектирования, за счет увеличения степени автоматизации аналитической деятельности.
- Повышение объективности анализа и адекватности моделирования.
- Использование при анализе и моделировании компонентной технологии, автоматизирующей процесс создания моделей, путем использования готовых (алфавитных) функциональных объектов, представленных в базе знаний Инструмента в виде UFO-элементов.
- Обеспечение интеллектуального взаимодействия с пользователем, в частности, путем «узнавания» готовых компонент (UFO-элементов).

Инструмент может быть применен в следующих случаях:

- Построение моделей существующего и планируемого бизнеса при проведении реинжиниринга бизнес-процессов.
- Выполнение консалтинговых проектов.
- Разработка распределенных информационных систем с применением средства бизнес-объектов CORBA (BOF).
- Разработка технических систем с применением CALS-технологии и системы стандартов STEP.

Наиболее существенными возможностями инструмента являются следующие:

- Объективизация процедур анализа и синтеза сложных динамических систем (в частности, организационных)

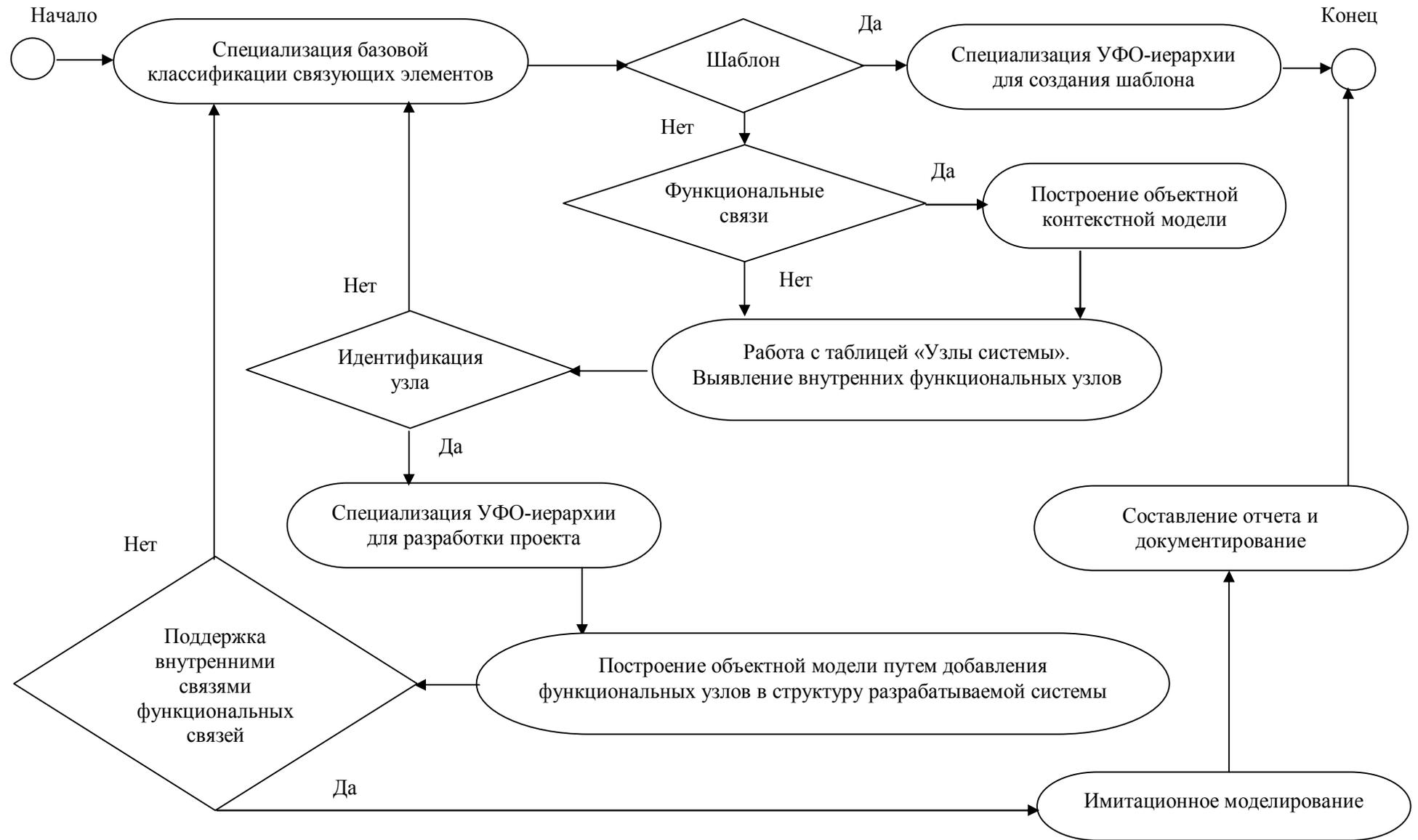


Рис. 4. Схема алгоритма UFO-анализа в виде диаграммы активности UML.

- Взаимосвязанный анализ, моделирование и проектирование структуры, состава элементов и функциональных характеристик систем и процессов, в том числе и не имеющих математической интерпретации.
- Возможность объединения различных аспектов рассмотрения системы в одной объектной модели (диаграмме взаимодействия объектов).
- Возможность единообразного построения внешней и внутренней моделей бизнес-системы, описываемых одним и тем же языком моделирования.
- Обеспечение имитации функционирования проектируемой системы в различных вариантах для определения «заторов» и «простоев», а также расчета различных интегральных показателей.

Создаваемый Инструмент должен обеспечивать представление любой системы (подсистемы и т.д.) в виде трехэлементной конструкции: Узел – Функция – Объект. При этом «Узел» есть точка пересечения входных и выходных потоков связующих элементов в структуре системы более высокого яруса, чем данная. «Функция» есть процесс перевода входа в выход, т.е. процесс, обеспечивающий баланс «втекающих» и «вытекающих» потоков/связей данного узла. «Объект» есть субстанция реализующая данную функцию.

Предлагаемая конструкция (УФО-элемент) является основой как для декомпозиции сложной системы на составные части, так и для процедуры синтеза сложной системы из более простых частей. Инструмент обеспечивает и поддерживает классификацию УФО-элементов, основанную на классификации потоков связующих элементов, пересечения которых и образуют «узлы». Формально УФО-элемент полностью соответствует введенному выше формализму и может быть также представлен как класс языка объектного моделирования UML (рисунке 5). УФО-элемент предназначен для моделирования любой составной части системы, т.е. как собственно функциональных элементов, так и компонентов, именуемых, обычно, связями. Этим достигается единообразие концептуального и формального представления всех видов систем в УФО-технологии. Таким образом, обеспечивается формальное системное представление всех явлений предметной области в строгом соответствии с концептуальными положениями системологии [4].

Варианты использования UFO-toolkit:

- Концептуальное моделирование 1: модификация базовой иерархии типов связующих элементов и построение классификации внешних функциональных и внутренних поддерживающих связей разрабатываемой системы (предметной области). (Диаграмма классов 1 -- Д1).
- Концептуальное моделирование 2: модификация иерархии классов «Узлы-Функции-Объекты» (УФО-иерархии) для конкретной предметной области (построение шаблона) или для моделируемой системы (разработка проекта). (Диаграмма классов 2 -- Д2).
- Декомпозиция разрабатываемой системы: заполнение таблицы «Узлы системы» входными и выходными связями и идентификация «проточных» узлов связей внутри системы, соединяющих входы системы с ее выходами. (Таблица -- Т).
- Объектное моделирование системы: построение модели взаимодействия объектов разрабатываемой системы, начиная с ее контекстной модели. (Иерархия диаграмм кооперации = Модель -- М.)
- Имитация функционирования системы: визуализация изменения состояния системы (степеней активности связей и объектов) во времени и появления на выходах объектов потоков в соответствии с их функциями. (Имитационная модель -- И).
- Составление, визуализация и печать отчетной Документации: печать диаграмм; составление и печать списков или таблиц связей, узлов, функций (с привязкой к узлам),

объектов (с привязкой к функциям); составление, визуализация и печать отчетов по результатам имитации.

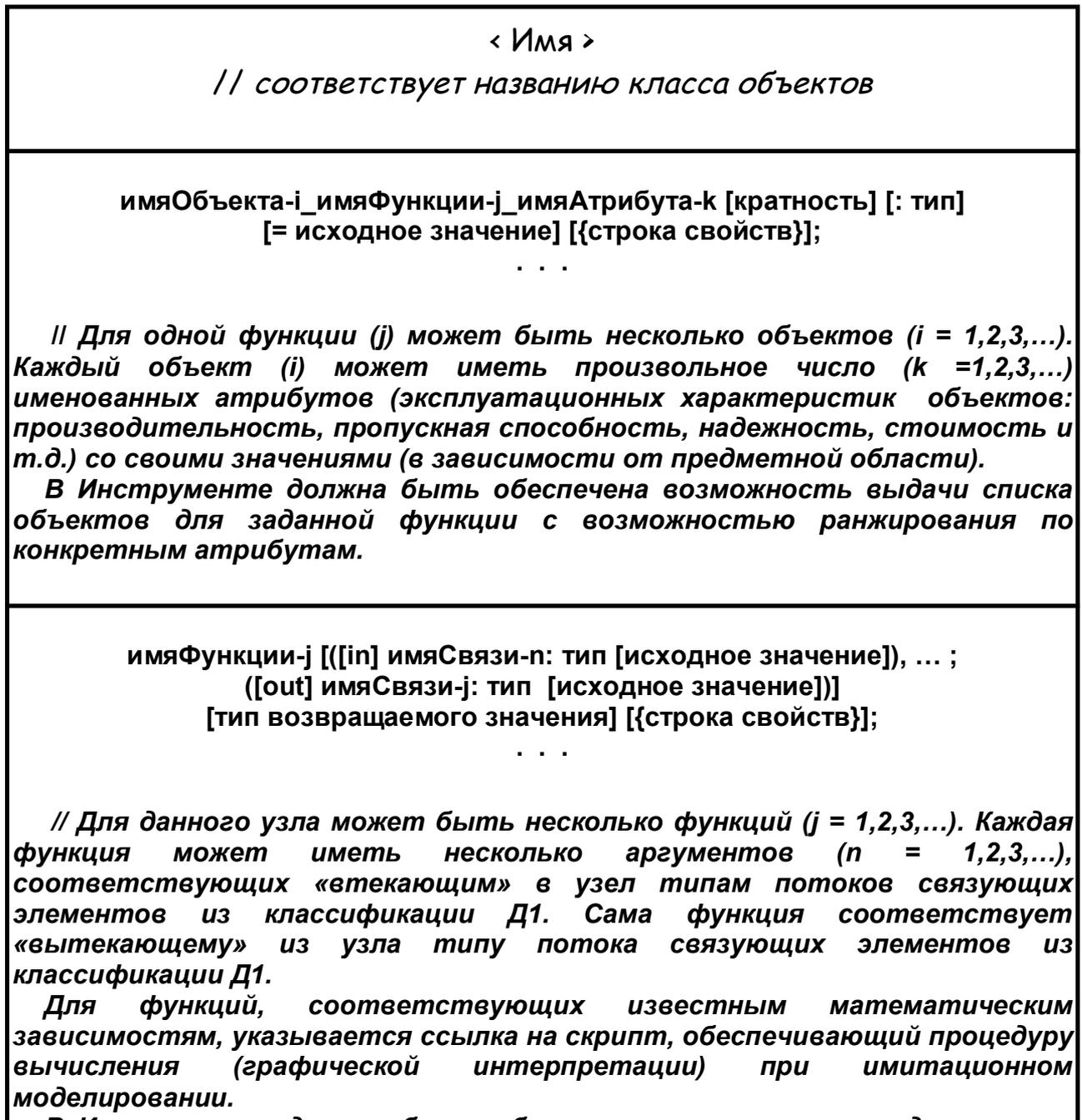


Рис.5. УФО-элемент, как класс языка UML

Использование Инструмента предполагает предварительную специализацию классификации потоков связующих элементов (Д1) и УФО-иерархии (Д2) с учетом конкретной предметной области. Этот вариант использования должен позволять создавать шаблоны классификаций для различных предметных областей, которые будут обеспечивать процесс моделирования множества алфавитных УФО-элементов, представляющих как функциональные, так и связующие объекты системы, т.е. подсистемы. Моделирование (в целях анализа и проектирования сложных динамических объектов) осуществляется следующим образом:

- Построение контекстной модели (объектной Модели (М) самого верхнего уровня иерархии) анализируемой/проектируемой системы в виде «черного ящика» с указанием

входных и выходных связей (функциональных), которые должны быть представлены в классификации (на диаграмме классов) связей. Процесс может начинаться либо со стороны классификации связей, либо со стороны контекстной модели.

- Выявление функциональных узлов в структуре моделируемой системы, т.е. узлов, функция которых либо уже известна, либо может быть сформулирована в результате проектирования. Для этого используется Таблица (Т), в которой строки обозначаются входными связями, а столбцы – выходными. Эти связи также должны быть представлены в классификации (Д1) связей. При этом все начинается с функциональных связей, показанных на контекстной модели. Если для моделирования используются шаблоны (алфавит) связей и УФО-элементов, то должна быть обеспечена возможность автоматической идентификации известных Инструменту узлов. Если шаблоны не используются или в них нет необходимых в данном случае узлов, то в Таблицу добавляются внутренние связи, поддерживающие функциональные, показанные на контекстной модели. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет обеспечен баланс «втекающих» и «вытекающих» потоков/связей контекстной модели. При этом ручная идентификация узлов должна сопровождаться модификацией классификации связей и УФО-иерархии.
- Построение иерархической объектной модели (М) анализируемой/проектируемой системы. Данная модель в процессе анализа/проектирования представляет собой (на каждом уровне иерархии) совокупность взаимосвязанных функциональных узлов, идентифицированных с помощью таблицы. При этом каждому узлу должна назначаться функция (из всех известных и хранимых в УФО-иерархии (Д2) вариантов) в максимально возможной степени точно балансирующая данный узел. Для каждой же функции, в конце концов, должен быть указан объект (из всех известных и хранимых в УФО-иерархии (Д2) вариантов), реализующий ее оптимальным с точки зрения данного проекта (Заказчика) образом. В результате, следовательно, объектная модель системы должна представлять собой (на каждом уровне иерархии) совокупность взаимосвязанных функциональных объектов.
- Имитация функционирования системы (И). Данный процесс должен обеспечиваться путем анимации объектной модели (М), которая сводится к визуализации изменения во времени (с возможностью его масштабирования) активностей связей и функций функциональных объектов. Должна быть обеспечена возможность учета при анимации характеристик самих объектов (например: надежности), а также возможность подсчета показателей, позволяющих сравнивать различные варианты объектной модели с точки зрения выбранных для данных узлов функций и для данных функций – объектов (например: временных, стоимостных). Кроме того, для функций, которые могут быть описаны математически, должна существовать возможность вычисления их значений в ходе имитации, например, с использованием механизма скриптов. Целью имитации является обнаружение тормозящих или простаивающих связей, функций или объектов, а также определение наилучших структуры и состава проектируемой системы.
- Естественно, должна быть обеспечена возможность документирования всех диаграмм классов, объектной модели (на любом уровне иерархии), таблицы и результатов имитации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие концептуального и формального аппарата системологической теории функциональных «проточных» объектов, метода анализа и исследования объектов данной теории (УФО-анализа), инструментария (CASE-инструментария поддержки УФО-анализа) и, следовательно, методик такого исследования, позволяет говорить о возникновении и становлении системологической технологии анализа, моделирования, проектирования и

разработки сложных динамических систем, которую предлагается именовать УФО/UFO/ЈАО-технологией. Данный результат позволяет создавать CASE-средства нового поколения, представляющие собой системы, основанные на знаниях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маторин С.И. О новом научном направлении системологического анализа сложных динамических объектов // Вестник ХГПУ. Новые решения в современных технологиях. 2000. №81. С.15-18.
2. Маторин С.И. О новом методе системологического анализа, согласованном с процедурой объектно-ориентированного проектирования. Ч.1 // Кибернетика и системный анализ. 2001. №4.
3. Соловьева Е.А. Естественная классификация: системологические основания. Харьков: ХТУРЭ, 1999. 222 с.
4. Мельников Г.П. Системология и языковые аспекты кибернетики. М.: Сов. радио, 1978. 368с.
5. Бондаренко М.Ф., Соловьева Е.А., Маторин С.И. Основы системологии. Харьков: ХТУРЭ, 1998. 118 с.
6. Bondarenko M.F., Matorin S. I. and Solovyova E. A. Analysis Of Systemological Tools For Conceptual Modeling Of Application Fields // Automatic Document and Mathematical Linguistics. New York: Allerton Press Inc. 1997. V. 30, No. 2. P. 33-45.
7. Гренандер У. Лекции по теории образов. 1 Синтез образов. / Пер с англ. М.: Мир, 1979. 384с.
8. Маторин С.И. Системология и объектно-ориентированный подход (проблемы формализации и перспективы стыковки). // НТИ. Сер. 2. 2001. № 7.
9. Гиг. Дж., ван. Прикладная общая теория систем. / Пер с англ. Т.1. М.: Мир, 1981. 336с.
10. Маторин С.И. УФО-анализ // АСУ и приборы автоматики. 2001. №4. С.3-12.