

УДК 519.688 + 519.683.7

С. И. Маторин

## О НОВОМ МЕТОДЕ СИСТЕМОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА, СОГЛАСОВАННОМ С ПРОЦЕДУРОЙ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ. ЧАСТЬ 1

### ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на значительные достижения системного анализа, послужившие толчком для развития целой отрасли информационных технологий (CASE-технологии), в данной области, как и во всех наукоемких областях, существуют нерешенные, пока, проблемы. Одной из них является проблема согласования процедур и результатов системного анализа с требованиями объектно-ориентированной разработки современных программных систем.

Как известно, такое согласование, на сегодняшний день, отсутствует по причине того, что, как правило, методы и процедуры системного анализа основываются на системном подходе представляющем систему в виде некоторого множества ее составляющих (элементов, свойств, состояний и т.д.). Данное понимание системы не позволяет поддерживать результатами такого системного анализа, так называемую «инкапсуляцию», составляющую один из существенных принципов объектной парадигмы. Кроме того, ни один метод традиционного системного анализа не использует понятия класса при осуществлении своих процедур и построении моделей, т.е. в принципе не использует концептуальное классификационное моделирование, применение которого обязательно при разработке программного обеспечения (ПО) средствами объектной методологии. При этом, в настоящее время, существует и развивается системный подход (функциональная системология [1, 2]), не имеющих отмеченных недостатков.

Функциональная системология рассматривает систему как функциональный объект, функция которого обусловлена функцией объекта более высокого яруса, т.е. надсистемой. Данный подход позволяет разработать метод анализа, согласующийся с требованиями объектно-ориентированной технологии, а также осуществлять формальные теоретические построения, в которых учитывается принципиальное отличие понятия системы от понятия множества. В данной работе рассматривается процедура системного анализа, основанного на системологическом подходе и согласованного с требованиями объектно-ориентированного проектирования (object-oriented design -- OOD).

### НОРМАТИВНАЯ СИСТЕМА СИСТЕМОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Как известно, системный анализ представляет собой, так называемую, нормативную методологию [3, 4]. Это значит, что любой метод системного анализа может быть описан с помощью нормативной системы, которая представляет собой формальную систему, построенную не аксиоматическим, а генетическим [5, 6] способом, т.е. путем задания некоторого алфавита и правил манипулирования им (синтаксиса), без использования исходных постулируемых утверждений (аксиом). Рассмотрим пример генетического построения нормативной системы системологического анализа.

Неотъемлемой частью любой нормативной системы (формальной теории или исчисления) является алфавит, включающий в себя знаки (символы), используемые для записи по определенным правилам выражений (формул). Принято считать, что эти знаки рассматриваются совершенно формально, без какой бы то ни было содержательной

интерпретации. Интерпретацию формальная теория или система может получить (а может и не получить) уже после своего создания [7].

Однако, в связи с тем, что любой знак всегда представляет собой единство означающего и означаемого, знаки алфавита формальной системы, на самом деле, не могут не иметь сами по себе смысла, т.е. содержательной интерпретации, иначе они вообще не будут знаками. (Таким образом, следовательно, автор в термин «знак» вкладывает то же содержание, что и Г. Фреге, а понимание знака Д. Гильбертом считает в корне неверным.) Действительно, в любой формальной системе имеются знаки, либо относящихся к абстрактным понятиям очень большого объема (переменные, кванторы, функциональные блоки и т.д.), либо обозначающие конкретные собственно математические или логические операции (дифференцирование, конъюнкция, объединение и т.д.). Последнее обстоятельство и является основной проблемой затрудняющей описание традиционными формальными средствами специфических системных свойств и отношений ввиду их глубокого и разностороннего содержательного характера. Эта проблема, однако, может быть преодолена за счет использования алфавита, знакам которого заведомо приписывается определенный понятийный смысл по некоторому заранее оговоренному правилу.

Дело в том, что, например, на естественном языке удастся описывать весьма содержательные объекты (строить содержательные высказывания) в значительной степени благодаря использованию существующей в этом языке исходной совокупности слов, которые имеют смысл (содержание) до построения из них какого-либо высказывания. Таким образом, можно ожидать повышения выразительных возможностей нормативной системы, если алфавитные символы этой системы будут заранее иметь определенное содержание (смысл). Кроме того, по крайней мере, в так называемом языке делового общения, в котором слова представляют собой в основном термины, имеющие понятийное содержание, исходная совокупность слов составляет иерархическую систему понятий (терминов), т.е. классификационную структуру [8]. При этом данная структура не жесткая, так как слова могут и добавляться, и удаляться из нее. Таким образом, можно предложить задавать (определять) смысл алфавитных символов нормативной системы также с помощью классификационной схемы.

В качестве классификационной схемы, которая может быть использована для задания алфавитных символов нормативной системы, имеющих определенное содержание, предлагается использовать так называемую базовую иерархию классов [9], представляющую собой концептуальную классификационную модель универсума (рис. 1). Данная концептуальная схема иерархии классов основана на предложенной автором в работе [10] семантической модели системы парных категорий в виде иерархической структуры системы наиболее общих понятий с одной вершиной, результатах решения так называемой проблемы «естественной классификации» [11 и др.], а также опыте построения концептуальных классификационных моделей для различных предметных областей. В результате ее развития и уточнения с точки зрения компонент и свойств организационных систем получен вариант классификационной схемы, учитывающей закономерности естественной классификации, обоснованные в работах [12, 13]. Данная схема представляет собой таксономическую параметрическую классификацию, в которой компоненты систематизированы в соответствии с классификацией их свойств, являющейся частью общей иерархии классов. Практически это означает, что в данной иерархии для каждого классифицируемого компонента (как класса или понятия) присутствует не только его родовой признак (вышестоящий класс), но и понятие (класс), являющееся видовым отличием в содержании классифицируемого понятия, т.е. свойство компонента. На рисунке связь понятия с его видовым отличием (класса и его свойства) изображена пунктирной линией.

Учет в данной классификационной схеме закономерностей естественной классификации

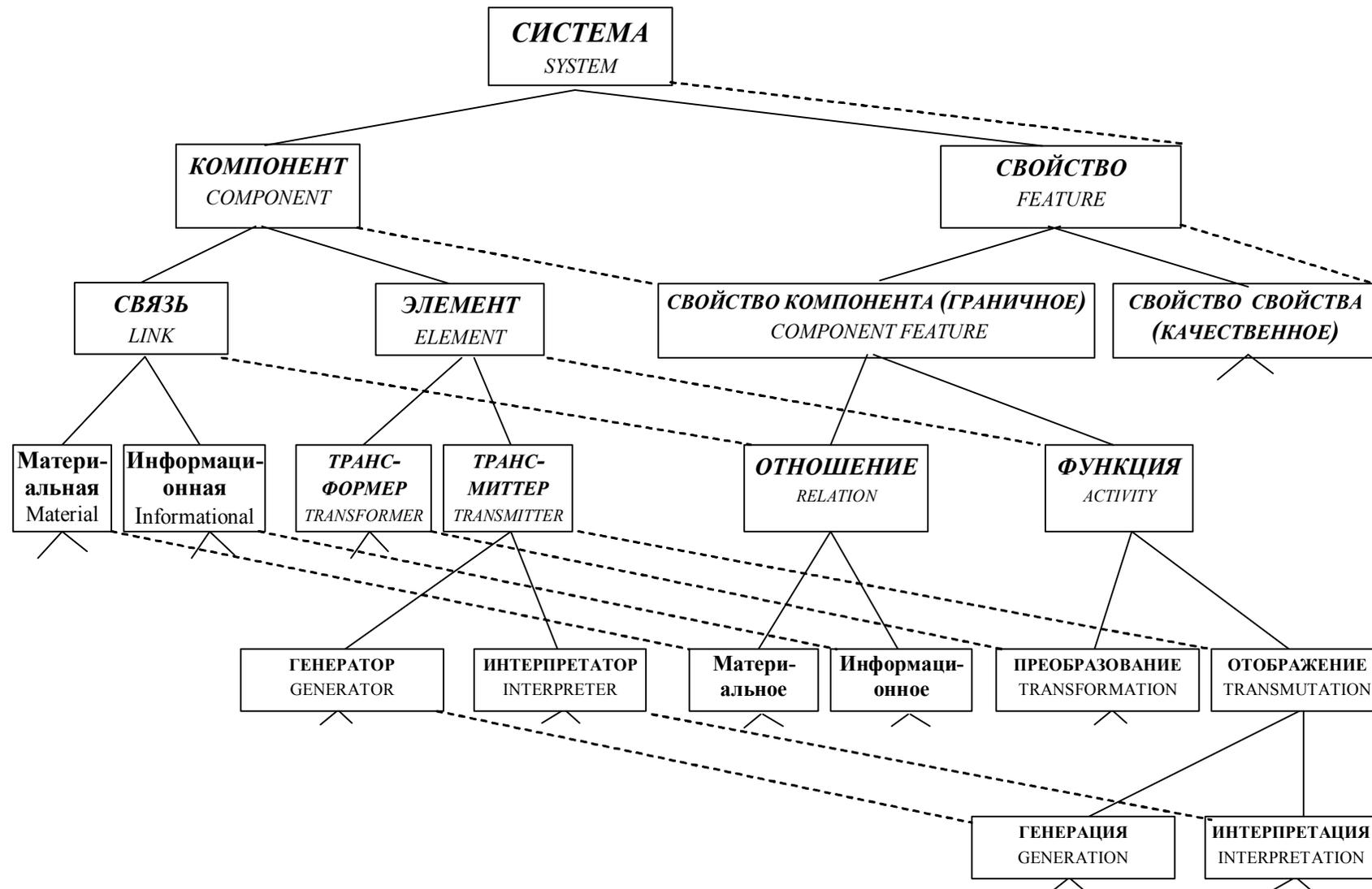


Рис. 1 Базовая иерархия классов (basic classifier).

позволяет получить в ней для каждого компонента организационной системы однозначное формально логическое определение через род и видовое отличие. Таким образом, данная классификационная схема выполняет роль алгоритма для задания семантики нормативной системы, что превращает ее (нормативную систему) в алгоритмически построенную или конструктивную систему [7].

Корневая классификационная структура может быть развернута до более конкретных классов путем деления на каждом уровне свойств на более граничные (располагающиеся всегда слева) и на менее граничные (располагающиеся всегда справа) в соответствии с принципиальным делением класса СВОЙСТВО на СВ. ГРАНИЧНЫЕ (КОМПОНЕНТОВ) и СВ. КАЧЕСТВЕННЫЕ (СВОЙСТВ). При этом следует иметь в виду, что теоретически возможно иное деление свойств. Однако, по мнению автора, по крайней мере на сегодняшний день, не существует других, хоть в какой-то степени, обоснованных вариантов, т.е. такого деления свойств, которое обеспечивало бы параметричность таксономической классификационной схемы.

Пример классификации ГРАНИЧНЫХ СВОЙСТВ, т.е. свойств компонент систем (организационных), в виде классификации ОТНОШЕНИЙ и ФУНКЦИЙ элементов этих систем представлен на рисунке 2. На рисунке 3 представлена построенная на ее основании (в соответствии с требованиями метода системологического классификационного анализа [12]) классификация самих КОМПОНЕНТ организационных систем, изоморфная классификации свойств (в соответствии с критериями естественной классификации [12]), в виде классификации СВЯЗЕЙ и ЭЛЕМЕНТОВ, свойства которых в виде отношений и функций представлены на рис. 2.

Во избежании загромождения рисунков словесные наименования связей, объектов и их свойств заменены обозначениями, легко понимаемыми из контекста. Например, свойства связей, представляющие собой отношения, обозначены через соответствующие множества элементов, обеспечивающих данный вид связи (отношения), так как в функциональной системологии связь рассматривается как поток элементов глубинного яруса связанных систем. Таким образом, М -- множество материальных связующих элементов (материальная связь), I -- множество информационных связующих элементов (информационная связь), V -- множество вещественных элементов (вещественная связь), E -- множество энергетических элементов (энергетическая связь), C -- множество информационных управляющих элементов (связь по управлению), D -- множество элементов данных (связь по данным). Виды функций элементов обозначены в соответствии с тем, что изменение формы, по сути дела, есть ПРЕОБРАЗОВАНИЕ входного множества элементов в выходные элементы того же множества, а изменение содержания -- ОТОБРАЖЕНИЕ элементов входного множества на элементы некоторого другого множества на выходе. Так, элемент  $e(e)$  -- есть материальный трансформер энергии, преобразующий количественные (формальные, т.е. граничные) ее характеристики без изменения ее вида ( $E \rightarrow E$ ), например, повышающий или понижающий трансформатор. Элемент  $e(v)$  -- есть генератор энергии (т.е. разновидность MI-трансммиттера), отображающий поток вещества в энергию, т.е. производящий энергию из потока вещества ( $V \rightarrow E$ ), например, гидроэлектростанция.

Рассматриваемое представление классификаций компонент и их свойств позволяет выразить граничные свойства связей и элементов организационных систем с помощью математических терминов: «соответствие», «отношение», «функция» («функциональное соответствие»), «преобразование» и «отображение». Это позволяет осуществить формализацию системологической трактовки понятия система, а также предлагаемого метода анализа и развивать формальную теорию систем как функциональных объектов не на теоретико-множественной основе.

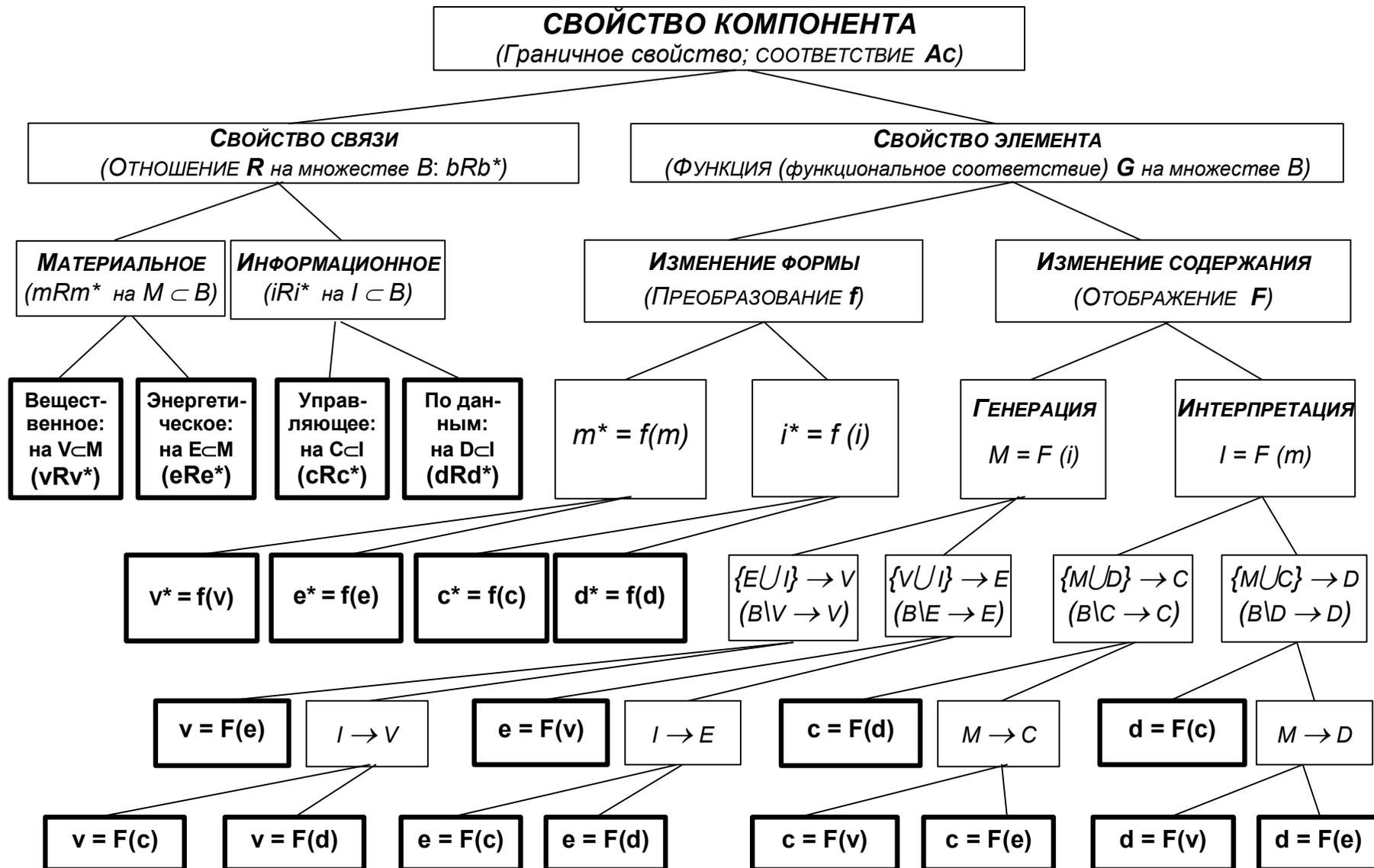


Рис. 2 Классификация граничных свойств (отношений и функций) связей и элементов системы.

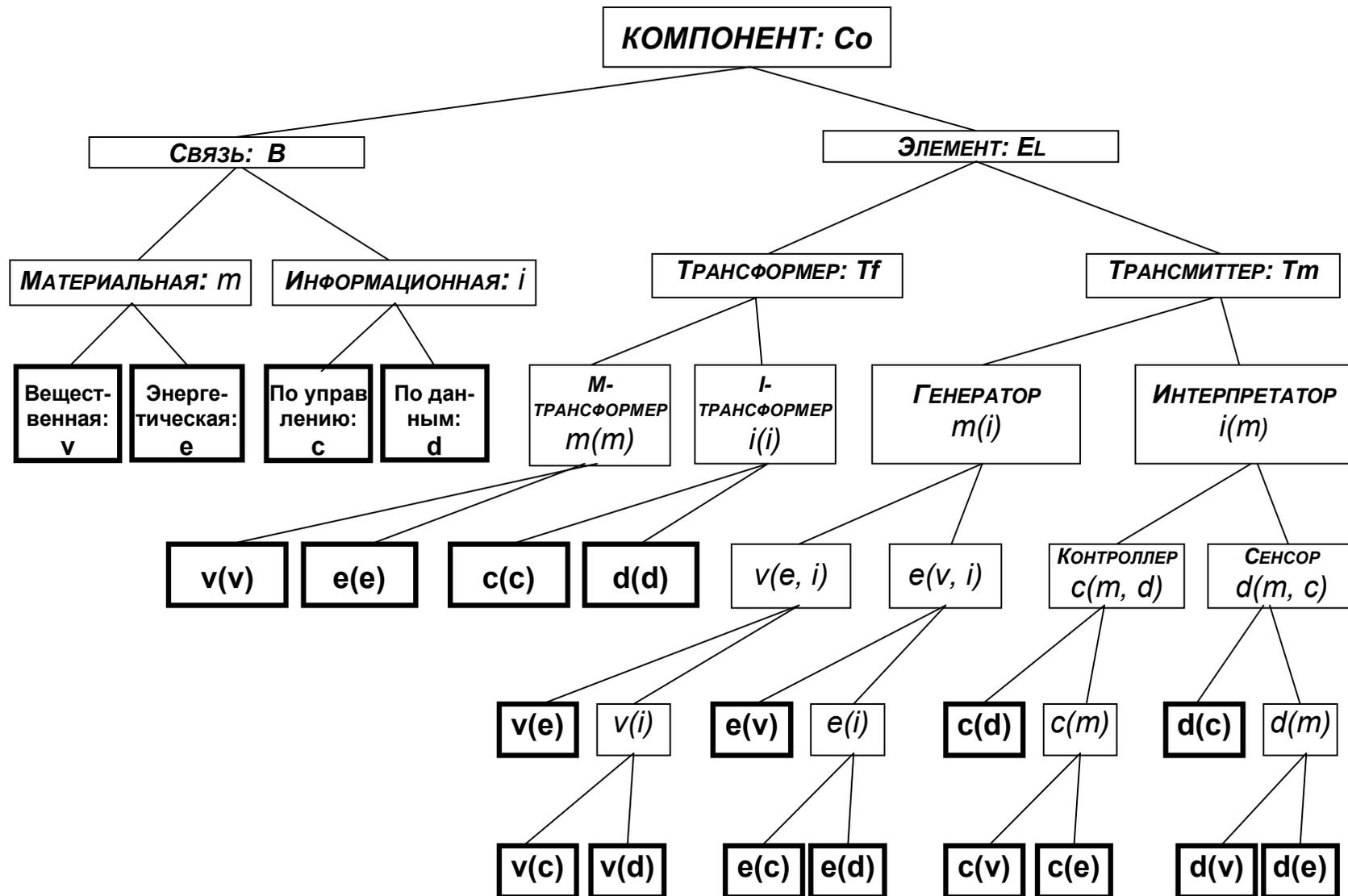


Рис.3 Классификация связей и элементов системы.

Описанные классификации могут быть уточнены в зависимости от конкретной решаемой задачи. Таким образом, базовая иерархия классов [9, 14] позволяет использовать при решении каждой конкретной задачи соответствующий набор средств моделирования (элементов и связей). Например, для моделирования информационного бизнеса (организационных систем -- средств массовой информации) можно разнообразить и уточнить до соответствующих конкретных классов классы информационных связей и элементов, а компоненты, относящиеся к вещественным и энергетическим классам, оставить в виде абстрактных классов. Для моделирования электроэнергетических предприятий необходимо конкретизировать виды энергетических компонент; для моделирования транспортных компаний -- классы вещественных связей; для моделирования производства -- классы элементов, моделирующие получение вещества соответствующего вида.

Алфавитный набор символов, однозначно интерпретируемых по своим дефинициям (свойствам) и пользователем, и компьютером, представляет собой совокупность конкретных классов (листьев) классификационной схемы, а также совокупность соответствующих экземпляров этих классов, из которых, собственно, и строится объектная модель системы при OOD. Для иерархий классов, представленных на рис. 2 и 3, алфавитный набор классов связей представлен в таблице 1, алфавитный набор классов элементов -- в таблице 2.

Таким образом, применение классификационной схемы, учитывающей закономерности естественной классификации, обеспечивает задание алфавита нормативной системы, обладающего не только совершенно абстрактной или сугубо математической семантикой, но и предметно(проблемно)-ориентированной, что позволяет рассматривать данный алфавит как формально-семантический, а также саму нормативную систему как формально-семантическую.

Использование классификации для порождения алфавитных символов, которые представляют собой экземпляры соответствующих классов, обеспечивает еще одну принципиальную отличительную особенность такого алфавита. Как при конечном, так и при бесконечном формальном алфавите количество исходных понятий, соответствующих знакам алфавита обычной формальной системы, является конечным и ограниченным. Это обстоятельство приводит к тому, что совершенно различные предметные области моделируются с помощью одного и того же набора алфавитных символов нормативной системы какого-либо метода традиционного системного анализа. Задание же алфавита с помощью классификации позволяет изменять количественный и качественный состав исходных понятий и соответствующих алфавитных символов, т.е. адаптировать алфавит в зависимости от исследуемой и моделируемой предметной области.

Придание алфавиту нормативной системы предметно(проблемно)-ориентированной семантики и свойства адаптивности улучшает ее интерпретационные характеристики и упрощает ее использование для анализа и моделирования в различных конкретных ситуациях. Однако, это не снижает степени формальности такой нормативной системы, так как при условии алгоритмического задания семантики и синтаксиса она будет удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к формальной системе с точки зрения явного и строгого описание средствами самой формальной системы всех свойств и отношений всех используемых символов, а также с точки зрения распознавания всех символов только по их форме [7].

Декомпозиция системы, осуществляемая при проведении анализа с целью OOD, помимо выявления структуры классов, направлена также на выявление структуры объектов моделируемой системы и построение объектной модели. Следовательно, необходимо задать определенные правила манипулирования символами алфавита для построения объектных

моделей, что, собственно, и обеспечит превращение получаемого с помощью предложенной иерархии классов алфавита элементов и связей в нормативную систему.

Поскольку символы предложенного алфавита по определению представляют собой различные системные компоненты, то, следовательно, правила оперирования этими символами должны быть основаны на системных отношениях, рассматриваемых в рамках применяемого системного подхода. Как известно, в качестве основного системного отношения в рамках функциональной системологии (предложенной Г.П. Мельниковым и развиваемой автором) рассматривается так называемое отношение поддержания функциональной способности целого. Это позволяет сформулировать в качестве основного правила оперирования символами алфавита системных компонент закон системной декомпозиции [9, 14].

Данный закон можно сформулировать следующим образом: «элементы на  $i$ -ом ярусе иерархии системы должны находиться в отношении поддержания функциональной способности  $i+1$ -го яруса иерархии системы (системы должны поддерживать надсистему, подсистемы -- систему и т.д.)».

Соблюдение данного закона обеспечивается путем выполнения следующих правил системной декомпозиции, естественным образом вытекающих из положений функциональной системологии:

- правильным присоединением элементов друг к другу в соответствии с качественными и количественными характеристиками присущих им связей (правило присоединения);
- обеспечением качественного и количественного баланса «притока» и «оттока» входящих и выходящих функциональных связей (правило баланса);
- замкнутостью поддерживающих связей (правило замкнутости).

Построенная таким образом нормативная система [9, 14], которая описывается адаптивным (гибким, динамическим) алфавитом, обладающим содержательной (но однозначной) семантикой, позволяет создать новый метод системного (системологического) анализа и моделирования организационных (и не только) систем, согласующийся с требованиями ООД.

#### ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПОНЯТИЯ СИСТЕМЫ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ОБЪЕКТА

Прежде чем рассматривать метод системологического анализа, основанный на предложенной выше нормативной системе, рассмотрим вариант формализации системологического понимания системы с помощью математической интерпретации граничных свойств, представленных в базовой иерархии классов (см. рис. 2 и табл. 1 и 2).

Детализируя подход к системе как функциональному объекту, функция которого обусловлена функцией объекта более высокого яруса иерархии, т.е. надсистемы (суперсистемы), системология рассматривает внутреннюю детерминанту системы, характеризующую ее функциональную способность, и внешнюю детерминанту системы, характеризующую требования (запрос) суперсистемы и обуславливающую выбор внутренней детерминанты системы [1].

Таким образом, несмотря на то, что система, при данном подходе (см. рис. 1), с точки зрения формальной логики представляет собой неопределяемое понятие, можно формализовать представление о системе как классе (системе-классе [15])  $S$  с помощью упорядоченной пары классов детерминант следующим образом:  $S = \langle Dex, Din \rangle$ , где  $S$  -- класс «система»,  $Dex$  -- класс «внешняя детерминанта»,  $Din$  -- класс «внутренняя детерминанта».

Таблица 1

## Алфавитный набор связей

ОБОЗНАЧЕНИЕ	ТЕРМИНЫ (ИМЕНА)	РОДОВОЕ ПОНЯТИЕ	Видовое отличие
<b>v</b>	Вещественная связь	Материальная связь (m)	Определяемая отношением порядка на множестве <b>V</b> -- $vRv^*$ (поток вещества)
<b>e</b>	Энергетическая связь	Материальная связь (m)	Определяемая отношением порядка на множестве <b>E</b> -- $eRe^*$ (поток энергии)
<b>c</b>	Связь по управлению	Информационная связь (i)	Определяемая отношением порядка на множестве <b>C</b> -- $cRc^*$ (управляющий поток)
<b>d</b>	Связь по данным	Информационная связь (i)	Определяемая отношением порядка на множестве <b>D</b> -- $dRd^*$ (поток данных)

Таблица 2

## Алфавитный набор элементов

ОБОЗНАЧЕНИЯ	ТЕРМИНЫ (ИМЕНА)	РОДОВОЕ ПОНЯТИЕ	ВИДОВОЕ ОТЛИЧИЕ
<b>v(v)</b>	V-трансформер	M-трансформер	Определяемый преобразованием $v^*=f(v)$ (преобразующий вещество)
<b>e(e)</b>	E-трансформер	M-трансформер	Определяемый преобразованием $e^*=f(e)$ (преобразующий энергию)
<b>c(c)</b>	C-трансформер	I-трансформер	Определяемый преобразованием $c^*=f(c)$ (преобразующий управляющую информ.)
<b>d(d)</b>	D-трансформер	I-трансформер	Определяемый преобразованием $d^*=f(d)$ (преобразующий данные)
<b>v(e)</b>	VE-генератор	Генератор вещества	Определяемый отображением $v=F(e)$ (вещество из энергии)
<b>v(c)</b>	VC-генератор	Генератор вещества	Определяемый отображением $v=F(c)$ (вещество из управляющей информации)
<b>v(d)</b>	VD-генератор	Генератор вещества	Определяемый отображением $v=F(d)$ (вещество из данных)
<b>e(v)</b>	EV-генератор	Генератор энергии	Определяемый отображением $e=F(v)$ (энергия из вещества)
<b>e(c)</b>	EC-генератор	Генератор энергии	Определяемый отображением $e=F(c)$ (энергия из управляющей информации)
<b>e(d)</b>	ED-генератор	Генератор энергии	Определяемый отображением $e=F(d)$ (энергия из данных)
<b>c(d)</b>	CD-контроллер	Контроллер	Определяемый отображением $c=F(d)$ (управляющая информация из данных)
<b>c(v)</b>	CV-контроллер	Контроллер	Определяемый отображением $c=F(v)$ (управляющая информация из вещества)
<b>c(e)</b>	CE-контроллер	Контроллер	Определяемый отображением $c=F(e)$ (управляющая информация из энергии)
<b>d(c)</b>	DC-сенсор	Сенсор	Определяемый отображением $d=F(c)$ (данные из управляющей информации)
<b>d(v)</b>	DV-сенсор	Сенсор	Определяемый отображением $d=F(v)$ (данные из вещества)
<b>d(e)</b>	DE-сенсор	Сенсор	Определяемый отображением $d=F(e)$ (данные из энергии)

При этом можно показать, что формально-логическое родо-видовое определение любого понятия (или класса) отражает в родовом признаке суперсистему (надсистему) для системы (системы-класса), отраженной в данном понятии, т.е.  $Dex$  данной системы, а в видовом отличии -- функциональные свойства данной системы в надсистеме, т.е. ее  $Din$  [15]. Это позволяет на основании базовой иерархии классов с учетом, например, родо-видового определения: «Компонент -- система с граничными свойствами», формализовать определение класса  $Co$  системных «компонент» с помощью упорядоченной пары классов следующим образом:  $Co = \langle S, Ac \rangle$ , где  $S$  -- класс «система» и как родовой признак --  $Dex$  системы-класса  $Co$ ;  $Ac$  -- класс «соответствие», т.е. понятие соответствия, математически интерпретирующее класс (понятие) «граничные свойства», и как видовое отличие --  $Din$  системы-класса  $Co$ . Таким образом, не имея, при данном подходе, возможности формально говорить о системе (как в теории множеств нет формального определения множества), будем формально говорить о компонентах, обладающих системными свойствами. Отмеченное обстоятельство подчеркивает тот факт, что любая система всегда является подсистемой какой-либо суперсистемы или надсистемы. Аналогично можно определить все остальные понятия системных компонент, учтенные в базовой иерархии классов (см., например, определения алфавитных компонент в табл. 1 и 2).

Любое единичное понятие о конкретном объекте (внутренней системе или системе-явлении [15]) как экземпляре класса «компонент» также может быть определено через родовой класс (конкретный класс, от которого объект наследует свои свойства) с учетом соответствующей конкретизации свойств. Это объясняется тем, что внутренняя система (система-явление) есть внешняя система или система-класс единичного объема [16]. При этом обязательно будет наблюдаться явление множественного наследования, т.е. конкретный объект будет иметь не одно родо-видовое определение (наследовать не от одного класса). Во-первых, он будет наследовать от какого-либо видового класса (классов) «связь», так как обязательно будет связан с другими конкретными системами (объектами) в структуре надсистемы. Во-вторых, он будет наследовать от какого-либо видового класса (классов) «элемент», так как будет обладать определенной функцией в надсистеме. При этом функциональные связи системы в структуре надсистемы характеризуют внешнюю детерминанту системы как явления, а ее функциональность -- внутреннюю детерминанту.

Таким образом, в общем случае, можно формализовать представление о конкретной системе (явлении) как функциональном объекте с помощью упорядоченной пары классов следующим образом:  $Sob = \langle B, R \rangle \wedge \langle El, G \rangle$ , где класс  $B$  представляет конкретный вид или виды «связей», в которых участвует система-явление  $Sob$  (т.е. соответствующее множество элементарных компонент, образующих связующие потоки), а  $R$  -- конкретный вид или виды отношений, определенных на множестве элементарных компонентах, образующих указанные связи (связующие потоки);  $El$  -- конкретный вид или виды «элементов» (трансформеров или трансмиттеров), к которым относится система-явление  $Sob$ , а  $G$  -- конкретный вид или виды операций (преобразований или отображений), заданных на множестве элементарных компонентах, входящих в систему  $Sob$  и выходящих из нее по связующим потокам. При этом  $B = \langle Co, R \rangle$ ,  $El = \langle Co, G \rangle$  (см. рис. 1 и 2).

Следовательно:  $Sob = \langle B, R, G \rangle$ , где  $B$  -- множество элементарных компонент, образующих связующие потоки, на подмножествах которого заданы множество отношений  $R$  и множество функций (операций)  $G$ ;  $R$  -- множество отношений (на множестве  $B$ ), в которых участвует система  $Sob$ , обусловленных входными и выходными связями (потоками) системы  $Sob$ ;  $G$  -- множество функций (операций) между входными и выходными связями (элементами входных и выходных потоков) системы  $Sob$ , область определения  $Dom G$  которых есть множество входных элементов отношений (связей) системы  $Sob$ , а область значения  $Im G$  -- выходных.

Полученное определение системы как функционального объекта аналогично определению алгебраической системы и объединяет модельный  $\langle B, R \rangle$  и алгебраический  $\langle E1, G \rangle$  подходы.

Входное отношение системы Sob с другой системой некоторой надсистемы представляет собой кортеж  $\langle b_i, b_i^s \rangle = b_{i,r_i} b_i^s$ , а выходное отношение -- кортеж  $\langle b_j^s, b_j \rangle = b_j^s r_j b_j$ . Другими словами между системами, например,  $S^1$  и  $S^2$  существует отношение  $r_i \in R$ , а между, например, системами  $S^2$  и  $S^3$  существует отношение  $r_j \in R$ , если в системе  $S^1$  есть выход  $b_i$  ( $b_i^1$ ), а в системе  $S^2$  -- вход  $b_i$  ( $b_i^2$ ), в системе  $S^2$  -- выход  $b_j$  ( $b_j^2$ ), а в системе  $S^3$  -- вход  $b_j$  ( $b_j^3$ ).

При этом справедливо следующее выражение:  $b_j^s = g(b_i^s)$ , где  $b_i^s$  -- входной элемент отношения  $r_i$  системы  $S$ , а  $b_j^s$  -- выходной элемент отношения  $r_j$  системы  $S$ . Кроме того, естественно, определены суперпозиции (произведения) функций различных систем в одной надсистеме так, что: если  $b_n^3 = g^3(b_j^3)$ ;  $b_j^2 = g^2(b_i^2)$ ;  $b_i^1 = g^1(b_k^1)$ , то  $b_n^3 = g^3(g^2(g^1(b_k^1)))$  или  $b_n^3 = g^{\text{над}}(b_k^1)$ , в виду того, что  $b_j^3 = b_j^2$ , а  $b_i^2 = b_i^1$ , так как это одни и те же элементы, образующие отношения порядка (порядка следования). Таким образом, в результате вычисления суперпозиции функциональных соответствий подсистем данной системы могут быть получены функциональные соответствия между входами и выходами системы в целом (рис. 4).

Таким образом, система как функциональный объект рассматривается, с одной стороны, как уточнение (с точки зрения отношений), а, с другой стороны, как обобщение (с точки зрения операций/функций) понятия алгебраической системы. Дело в том, что отношения  $R$  есть только отношения порядка, а  $G$  представляют собой функции или операции (функциональные соответствия) в самом широком смысле, а не только в алгебраическом.

Предложенное определение системы позволяет осуществлять теоретические (формальные) системные построения на основе алгебраического аппарата без применения теории множеств. Это, в свою очередь, позволяет, например, формализовать (и на этапе анализа и проектирования поддерживать), требуемое при объектно-ориентированной разработке разделение интерфейса создаваемых системных компонент от их реализации, т.е. «инкапсуляцию».

## ОБЩИЙ АЛГОРИТМ СИСТЕМОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

После разработки нормативной системы системологического анализа необходимо рассмотреть порядок действий, которые необходимо выполнить. Рассмотрим этапы или процедуры метода системологического анализа, основанного на предложенной выше формально-семантической нормативной системе с адаптивным алфавитом.

Прежде всего необходимо подчеркнуть, что разрабатываемый метод должен соответствовать требованиям ООД и поддерживать, таким образом процесс объектно-ориентированного анализа (ООА). Одной же из важнейших задач объектно-ориентированной разработки ПО на этапе ООА является построение концептуальной модели предметной области. «Концептуальная модель предметной области закладывает основы для моделирования объектов, которые будут позднее использоваться в процессе разработки объектной модели системы» [17, стр. 33-34]. При этом под моделью предметной области понимается любая модель, описывающая ту часть реального мира, для которой создается система.

Первоочередность создания модели предметной области зафиксирована также в настоящее время в международном стандарте, определяющем процесс объектно-ориентированной разработки ПО -- Рациональном Унифицированном Процессе (Rational Unified Process) или

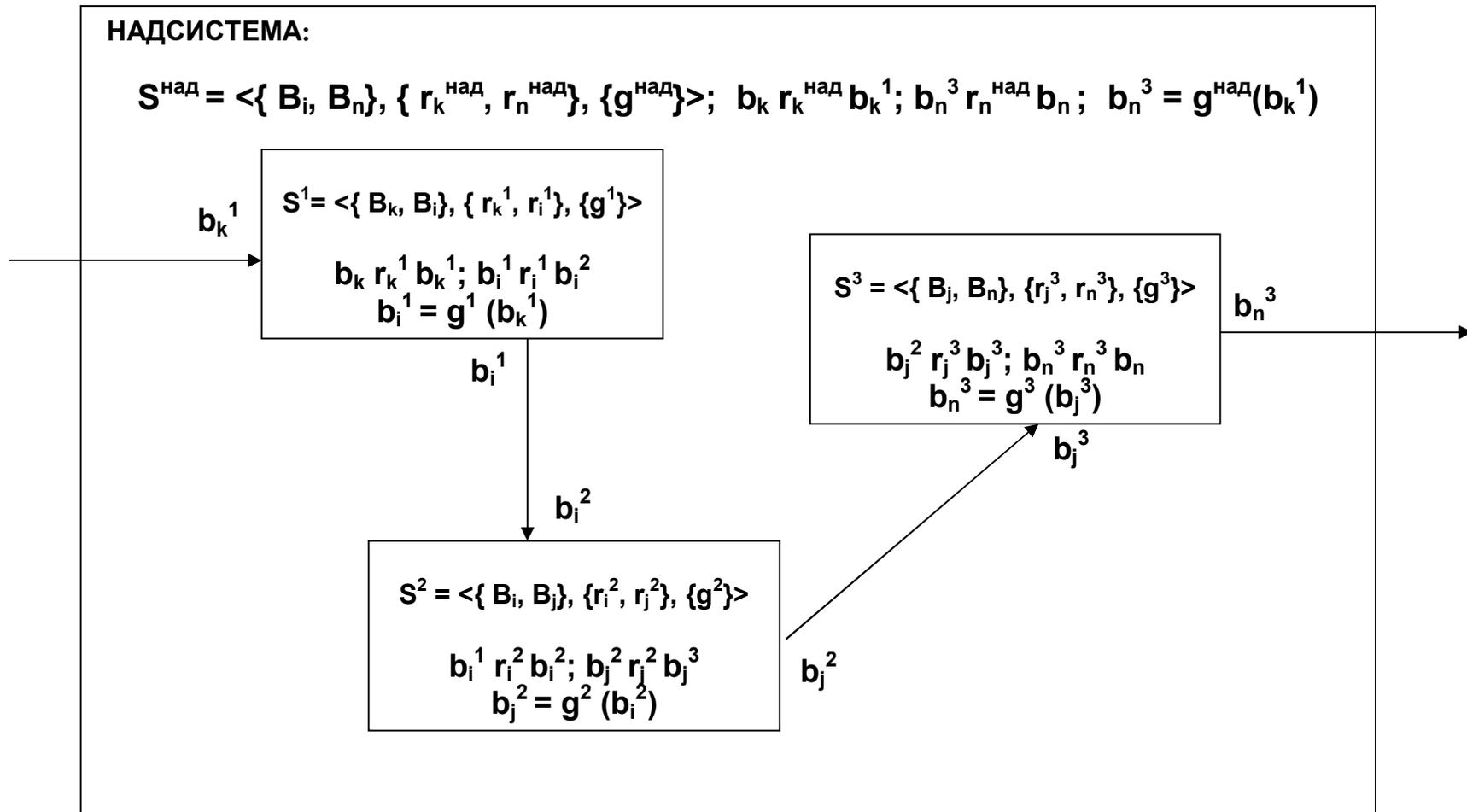


Рис. 4 Система (явление) как функциональный объект

Objectory. В данном стандарте это моделирование является самым первым рабочим процессом [18].

Такого же мнения придерживаются авторы, описывающие свой практический опыт применения объектно-ориентированной технологии. «Модель предметной области в Objectory строится, как правило, до определения любого варианта использования; ее назначение -- исследование лексики предметной области в терминах, имеющих значение и смысл для экспертов» [17, стр. 34]. Совершенно очевидно при этом, что речь идет не о любой модели предметной области, а о такой модели, которая описывает систему понятийных знаний эксперта. Следовательно, эта модель должна быть концептуальной классификационной. Кроме того, чтобы воспользоваться предложенной выше нормативной системой, т.е. осуществить соответствующий системный, в данном случае системологический, анализ, необходимо применить базовую иерархию классов для построения модели предметной области и определения набора алфавитных символов, т.е. опять же построить концептуальную классификационную модель.

Построение концептуальной классификационной модели предметной области, описывающей имеющиеся в распоряжении разработчика знания относительно области приложения, обеспечивает выявление структуры классов (родо-видовой или таксономической классификации) проектируемой системы. Однако, для представления разрабатываемой системы в канонической форме, в соответствии с требованиями ООА [19], необходимо выявить также структуру объектов (экземпляров классов) системы, т.е. партитивную или мерономическую классификацию. Дело в том, что иерархия классов представляет (описывает) свойства объектов данной системы, однако, реальную работу в системе выполняют именно объекты. Разрабатываемая система, являющаяся частью области приложения, имеющая в ней определенное функциональное назначение, сама является некоторым большим целостным объектом. Все части данной системы, т.е. подсистемы, компоненты и элементы также являются объектами. Следовательно, после построения концептуальной классификационной модели необходимо строить объектную модель проектируемой системы, начиная с целостного представления данной системы в виде одного объекта, т.е. с контекстной модели, соответствующей UML-диаграмме вариантов использования (Use case diagram) [18].

Все создаваемые методы и инструментальные средства анализа и моделирования сложных информационных или организационных систем предназначены, в первую очередь, для анализа динамики происходящих в них процессов. Это обусловлено тем, что данные системы создаются не как наглядные пособия по соответствующей архитектуре, а для выполнения определенных функций. Важность обеспечения правильной динамики функционирования разрабатываемых систем, таким образом, совершенно очевидна. Поэтому для создания, например, эффективной информационной системы поддержки бизнеса (организационной системы) недостаточно методики построения объектной модели системы, пусть даже простой, универсальной и учитывающей ее полную архитектуру (структуру объектов и классов) в соответствии с требованиями ООА. Необходимы средства моделирования процессов функционирования систем.

При этом следует подчеркнуть, что в случае создания корпоративных информационных систем, систем поддержки реинжиниринга бизнес-процессов и т.п. это должны быть средства именно имитационного моделирования. Это объясняется тем, что анализ характеристик процессов функционирования больших систем с помощью только аналитических методов исследования наталкивается обычно на значительные трудности, приводящие к необходимости существенного упрощения моделей либо на этапе их построения, либо в процессе работы с моделью, что может привести к получению

недостовверных результатов. Кроме того, проведение «экспериментов с имитационными моделями больших систем позволяет проводить не только анализ их характеристик, но и решать задачи структурного, алгоритмического и параметрического синтеза таких систем» [20, стр. 8-9].

Построение концептуальной классификационной и объектной моделей разрабатываемой системы обеспечивает выявление иерархии ее классов и объектов, т.е. ее полной архитектуры. Названные модели соответствуют диаграммам стандартного языка объектного моделирования UML: диаграмме классов (Class diagram) и диаграмме объектов (Object diagram), совмещенной с диаграммой взаимодействия, в первую очередь с диаграммой кооперации (Collaboration diagram) [18]. Однако, для выполнения требования максимального приближения модели к реальности этого недостаточно. Для выполнения этого требования, обычно, принято строить еще и другие модели. Например в UML строятся дополнительно диаграммы: состояния, деятельности, последовательности и т.д. [18]. Последние диаграммы предназначены для описания (специфицирования) процессов в разрабатываемой системе.

Обратим теперь внимание на то, что в нашем случае концептуальная классификационная модель системы представляет собой не произвольную классификацию понятий об области приложения, а классификацию функциональных элементов и связей этой системы. Именно из конкретных классов элементов и связей создается алфавит для построения объектной модели. Объектная же модель, построенная из этих алфавитных символов, таким образом, отражает все субстанциональные и структурные характеристики системы, согласованные с ее функциональными и поддерживающими эти функциональные свойствами. Следовательно, в данном случае нет смысла специфицировать процессы, происходящие в системе. Существует возможность их наглядно продемонстрировать, задав конкретные временные параметры для алфавитных символов. Таким образом, последним этапом предлагаемого системологического анализа будет этап имитации функционирования системы на ее объектной модели, т.е. этап построения имитационной модели системы.

Следовательно, разрабатываемый метод системного анализа -- объектно-ориентированный метод системологического анализа и проектирования -- OMSAD (Object-oriented Method Systemology Analysis and Design), включает в себя следующие этапы (рис. 5):

- построение концептуальной классификационной модели предметной области и разрабатываемой системы (построение диаграммы классов) на основе базовой иерархии классов для задания набора конкретных алфавитных символов нормативной системы (блок №2);
- построение объектной модели (построение иерархической диаграммы объектов, начиная с контекстной) анализируемой и проектируемой системы из полученных алфавитных символов элементов и связей по правилам системной декомпозиции (блок №7);
- имитация динамики функционирования разрабатываемой системы (построение имитационной модели на основе диаграммы объектов) путем задания конкретных временных (и других, например, стоимостных) характеристик представленным в модели объектам (связям и функциональным элементам) (блок №4).

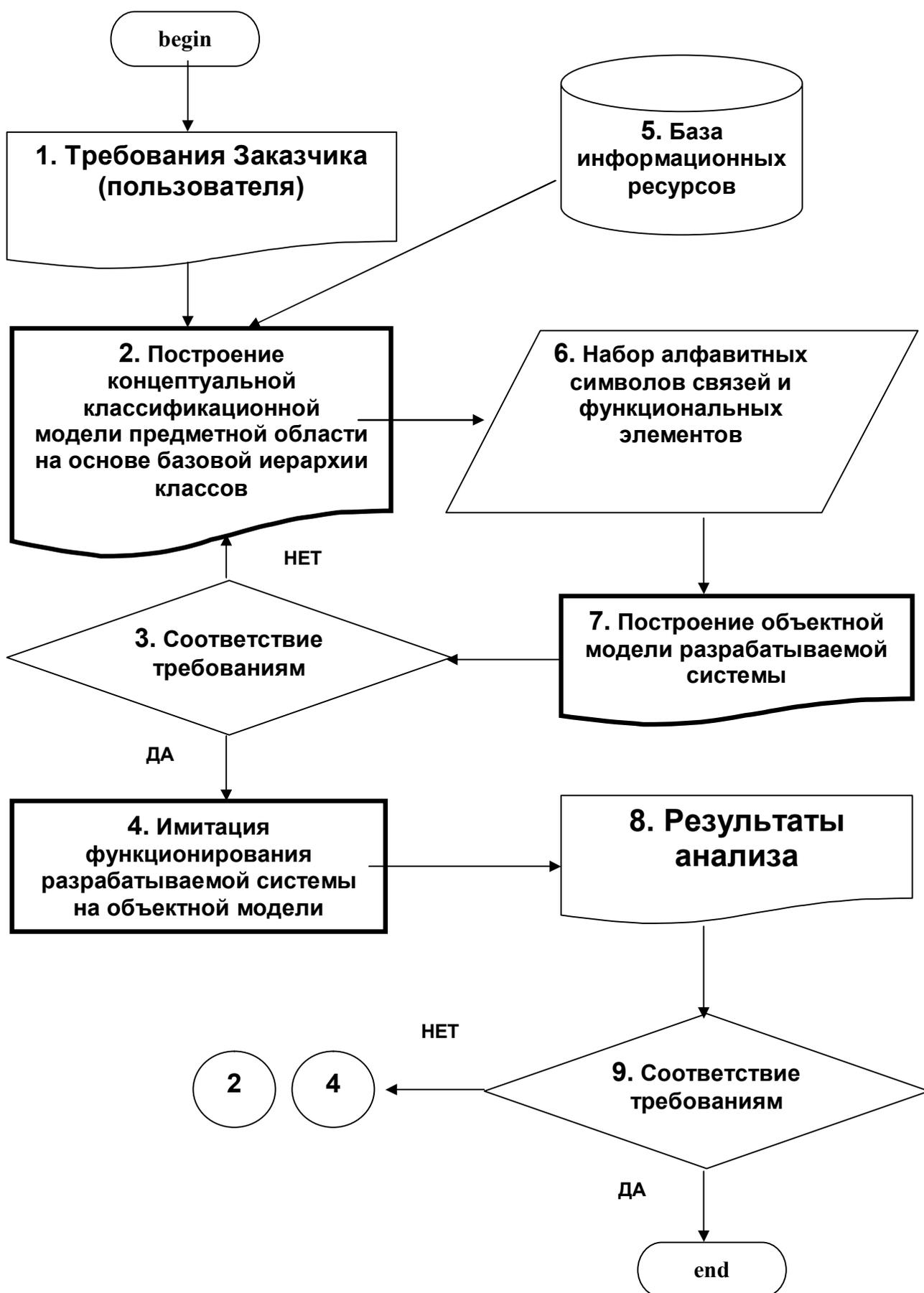


Рис. 5 Итерационный алгоритм системологического анализа и моделирования

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана базовая иерархия классов для построения концептуальных классификационных моделей в ходе ООА и ООД. На основе базовой иерархии классов разработан механизм формирования алфавита (набора классов и объектов), необходимого для построения объектных моделей конкретных организационных систем. Сформулированы закон и правила системной объектной декомпозиции. На основе алфавита и правил системной декомпозиции (как правил синтаксиса) предложена формально-семантическая нормативная система с адаптивным алфавитом. С помощью формально-семантического алфавита формализовано понятие «система» в представлении ее как функционального объекта. Предложен новый объектно-ориентированный метод системологического анализа и проектирования (OMSAD) организационных систем, согласующийся с требованиями ООД, основанный на формально-семантической нормативной системе с адаптивным алфавитом, обладающим предметно-ориентированной семантикой. Наличие в алгоритме в качестве исходного этапа процедуры концептуального моделирования превращает предлагаемый метод системного анализа в знаниеориентированную системную технологию.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников Г.П. Системология и языковые аспекты кибернетики. М.: Сов. радио, 1978. 368с.
2. Бондаренко М.Ф., Соловьева Е.А., Маторин С.И. Основы системологии. Харьков: ХТУРЭ, 1998.– 118 с.
3. Лямец В.И., Тевяшев А.Д. Системный анализ. Харьков: ХТУРЭ, 1998. 252с.
4. Никаноров С.П. Системный анализ: этап развития методологии решения проблем в США. / Вступ. статья в кн.: С.Л. Оптнер Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. / Пер. с англ. М.: Советское радио, 1969. С.7-45.
5. Горский Д.П. О некотором способе введения понятий в «Капитале» Маркса / Сб. труд. междуна. симпози.: Исследования по логике научного познания. М.: Наука, 1990. С.53-62.
6. Кондаков Н.И. Логический словарь–справочник. М.: Наука, 1975. 720с.
7. Петров Ю.А. Методологические вопросы анализа научного знания. М.: «Высш. школа», 1977. 224с.
8. Matorin S. I. Modeling Of Intellectual Understanding Of Business Dealings Language // Automatic Document and Mathematical Linguistics. New York: Allerton Press, Inc., 1998. V. 31, No. 2. P. 47-58.
9. Маторин С.И. Определение и системологическое обоснование базовой иерархии классов для создания нормативной системы объектно-ориентированного анализа и проектирования // Вестник ХГПУ. Новые решения в современных технологиях. 2000. №79. С. 22-25.
10. Matorin S. I. Systemological Research Of The Structure Of System Categories // Automatic Document and Mathematical Linguistics. New York: Allerton Press, Inc., 1998. V.31, No. 2. P. 4-9.
11. Соловьева Е. А., Ельчанинов Д.Б., Маторин С.И. Применение теории категорий к исследованию и моделированию естественной классификации // НТИ.Сер.2. М.: ВИНТИ. 1999. N 3. С.1-7.
12. Соловьева Е.А. Естественная классификация: системологические основания. Харьков: ХТУРЭ, 1999. 222 с.
13. Solov'eva E.A. Mathematical Modeling of Conceptual System: a Method and Criteria of a Natural Classification // Automatic Document and Mathematical Linguistics. Allerton Press, Inc., New York, 1991, V. 25, No. 2., P.44-56.
14. Бондаренко М.Ф., Маторин С.И., Соловьева Е.А. Особенности теории и практики решения сложных проблем на основе онтологий // Искусственный интеллект. 2000. №3. С. 25-33.
15. Соловьева Е.А., Маторин С.И. О моделировании понятийных знаний: системный бионический подход // НТИ Сер. 2. 1989. N3. С. 2-8.
16. Маторин С.И., Соловьева Е.А. Детерминантная модель системы и системологический анализ принципов детерминизма и бесконечности мира // НТИ. Сер. 2. 1996. N8. С. 1-8.
17. Фаулер М., Скот К. UML в кратком изложении. Применение стандартного языка объектного моделирования / Пер. с англ. М.: Мир, 1999. 191с.
18. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя / Пер. с англ. М.: ДМК, 2000. 432с.
19. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++, 2-е изд. / Пер. с англ. М.: «Издательство Бином», СПб.: «Невский диалект», 1998. 560с.
20. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. М.: Высш. шк., 1998. 319с.