

Общероссийский математический портал

С. И. Маторин, В. В. Михелев, Системно-объектный детерминантный анализ.  
Построение генетической и партитивной классификаций предметной области,  
*Искусственный интеллект и принятие решений*, 2022, выпуск 1, 26–34

DOI: 10.14357/20718594220103

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и  
согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 3.140.195.142

26 декабря 2024 г., 09:18:13



# Системно-объектный детерминантный анализ. Построение генетической и партитивной классификаций предметной области\*

С. И. Маторин<sup>1,II</sup>, В. В. Михелев<sup>I</sup>

<sup>I</sup> Белгородский государственный университет, г. Белгород, Россия

<sup>II</sup> Белгородский университет кооперации, экономики и права, г. Белгород, Россия

**Аннотация.** В работе рассмотрены второй и третий этапы системно-объектного детерминантного анализа, включающие построение генетической и партитивной классификаций предметной области. Системы-классы и системы-явления описаны с использованием единого системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект» и средств формализации на языке дескрипционной логики ALCHOIQ(D). Партитивная классификация получена с помощью формально-семантической нормативной системы, основанной на классификации алфавитных узлов и связей. Приведены примеры построенных генетической и партитивной классификаций.

**Ключевые слова:** системно-объектный детерминантный анализ, генетическая классификация, партитивная классификация, мерономия предметной области, системно-объектный подход «Узел-Функция-Объект», дескрипционная логика, концептуальные системы, системы-явления, формально-семантическая нормативная система.

DOI 10.14357/20718594220103

## Введение

Существование методологических проблем традиционного системного подхода и системного анализа, нерешенных до сих пор и отмеченных, например, в работах [1-5], привели авторов к созданию концептуального аппарата системно-объектного детерминантного анализа (СОДА) [6], учитывающего отношение поддержания функциональной способности целого как основную общесистемную закономерность [7].

СОДА состоит из трех этапов. Во-первых, выявляется класс, к которому принадлежит анализируемая или проектируемая система в ходе построения *таксономической (родовидовой) классификации* предметной области. Это

позволяет однозначно определить *внешнюю детерминанту системы*, т.е. функциональный запрос системы более высокого порядка (над-системы) на систему с заданной функцией. Во-вторых, прослеживаются стадии становления или создания системы в ходе построения *генетической (стадиальной) классификации* выбранного класса систем. Это позволяет, с одной стороны, конкретизировать требования к системе, а с другой – однозначно определить *внутреннюю детерминанту системы*, т.е. ее фактические функциональные возможности, возникающие под влиянием внешней детерминанты. В-третьих, проводится декомпозиция требований к системе как явлению (ее внутренней детерминанты) в ходе построения *партитивной (цело-частной) классификации* или ме-

\*Работа поддержана проектами РФФИ 19-07-00290а, 19-07-00111а, 19-29-01047мк.

✉ Маторин Сергей Игоревич. E-mail: matorin@softconnect.ru

рономии системы. Это дает аналитику или разработчику представление о способах обеспечения соответствия подсистем анализируемой или разрабатываемой системы ее внутренней детерминанте, т.е. способах функционирования или построения системы.

Первый этап СОДА – процедура построения таксономии заданной предметной области – подробно рассмотрена в [8]. В данной статье описаны второй и третий этапы СОДА – процедуры построения генетической и партитивной классификаций. Представлены средства формализации этих процедур и примеры их выполнения. Аналитические процедуры, предложенные в работах [6, 8] и в данной работе, будут, по мнению авторов, полезны при анализе или проектировании слабо формализуемых организационных, информационных и технических систем.

## 1. Средства формализации процедур СОДА

Для формализации процедур СОДА используется дескрипционная логика (ДЛ)  $ALCOIQ(D)$ , та же, что и в работах [6, 8]. Синтаксис этой ДЛ в краткой форме представляется в виде следующего выражения:

$$\{T, \perp, A, A \sqsubseteq C, \neg C, C \sqcap D, C \sqcup D, \exists R.C, \forall R.C, \geq n R.C, \{a\}, \exists[u_1, \dots, u_n].P\},$$

где  $T$  и  $\perp$  – концепты (называются истина и ложь);  $A$  – атомарный концепт;  $C, D$  – производные концепты;  $R$  – атомарная роль;  $\{a\}$  – номинал, индивиды, заключенные в фигурные скобки, представляются полноправными концептами;  $\exists[u_1, \dots, u_n].P$  – описание понятия конкретной области;  $P$  – предикатный символ;  $u_1, \dots, u_n$  – множество атрибутов.

В ДЛ используются понятия:  $TBox$  – набор терминологических аксиом;  $RBox$  – набор аксиом для ролей и их отношений;  $ABox$  – набор аксиом для индивидов и их отношений, совокупность которых и определяет предметную область  $K = TBox \cup RBox \cup ABox$ .

Для формализованного описания особенностей второго этапа СОДА, т.е. процесса построения генетической (стадиальной) классификации, необходимо уточнить формальное определение материальной системы (системы-явления) как триединой конструкции «Узел-Функция-Объект» (УФО-элемента). Предлагаемое

уточнение основано на результатах, представленных в работах [7, 9-11] и, таким образом, объединяет описание УФО-элемента в виде специального объекта исчисления объектов Абади-Кардели [7, 9] и его описание путем интеграции алгебраических средств теории паттернов Гренандера и исчисления процессов Милнера (Calculus of communication systems) [10, 11]. Применение же к упомянутым описаниям языка ДЛ позволяет представить УФО-элемент в виде специального составного концепта дескрипционной логики. Результатом уточнения является формальное представление некоторой произвольно выбранной материальной системы (системы-явления)  $s$  как УФО-элемента в виде следующего выражения:

$$s = [(\{LS?\} \sqcup \{LS\tau\} \sqcup \{LS!\}); (\{LS!\} \sqcap \exists ft.\{LS\tau\} \sqcap \exists f.\{LS?\}); (\exists hasOS? =_{k1} \sqcup \exists hasOS\tau =_{k2} \sqcup \exists hasOS! =_{k3})],$$

где  $(\{LS?\} \sqcup \{LS\tau\} \sqcup \{LS!\})$  – концепт для описания узла системы  $s$  как перекрестка конечного множества входных  $\{LS?\}$  и выходных  $\{LS!\}$  связей в структуре надсистемы, а также множества внутренних связей  $\{LS\tau\}$ ;  $(\{LS!\} \sqcap \exists ft.\{LS\tau\} \sqcap \exists f.\{LS?\})$  – концепт для описания функции системы  $s$ , заданной надсистемой, или метода, обеспечивающего функциональное соответствие между выходными  $\{LS!\}$  и входными  $\{LS?\}$  потоками данного узла с учетом промежуточной роли (функции)  $ft$  преобразования внутренних потоков  $\{LS\tau\}$ ;  $(\exists hasOS? =_{k1} \sqcup \exists hasOS\tau =_{k2} \sqcup \exists hasOS! =_{k3})$  – концепт для описания субстанциальных (объектных) характеристик системы  $s$  (входных, внутренних и выходных);  $k1, k2$  и  $k3$  – атрибуты с конкретными значениями.

Как было показано в работе [8], на первом этапе СОДА в процессе построения родовидовой классификации (таксономии) определяется иерархия абстрактных классов (систем-класс), включающих анализируемую или проектируемую систему:

$$S^{i,n} = [S^{i,n-1}; RS^{i,n} \sqsubseteq RS^{i,n-1}],$$

где  $S^{i,n-1}$  – поле для указания на систему-класс более высокого яруса иерархии;  $RS^{i,n} \sqsubseteq RS^{i,n-1}$  – поле для описания метода, соответствующего роли  $RS^{i,n}$  (функции) системы  $S^{i,n}$ , вложенной в роль  $RS^{i,n-1}$  надсистемы  $S^{i,n-1}$ ;  $\sqsubseteq$  – символ вложения концепта в концепт или роли в роль в языке дескрипционной логики; индекс  $i$  обозначает, что данный абстрактный класс включает в себя

анализируемую систему-явление  $s^i$ , а индекс  $n$  – номер яруса в иерархии систем-классов.

Первый этап СОДА заканчивается, когда некоторый класс нижнего яруса иерархии (систему-класс  $S^{i,n+1}$ ) можно описать с помощью класса узлов, класса функций и класса объектов:

$$S^{i,n+1} = [(LS^{?i,n+1} \sqcup LS\tau^{i,n+1} \sqcup LS!^{i,n+1}); (LS!^{i,n+1} \sqcap \exists R.LS\tau^{i,n+1} \sqcap \exists R.LS^{?i,n+1}); (OS^{?i,n+1} \sqcup OS\tau^{i,n+1} \sqcup OS!^{i,n+1})] = [S^{i,n}; RS^{i,n+1} \sqsubseteq RS^{i,n}] \sqsubseteq S^{i,n},$$

где  $(LS^{?i,n+1} \sqcup LS\tau^{i,n+1} \sqcup LS!^{i,n+1})$  – концепт для описания класса узлов как перекрестков класса входных связей  $LS^{?i,n+1}$  и класса выходных связей  $LS!^{i,n+1}$  в структуре надсистемы-класса  $S^{i,n}$ , а также класса внутренних связей  $LS\tau^{i,n+1}$ ;  $(LS!^{i,n+1} \sqcap \exists R.LS\tau^{i,n+1} \sqcap \exists R.LS^{?i,n+1})$  – концепт для описания класса функций системы-класса  $S^{i,n+1}$ , заданного надсистемой-классом  $S^{i,n}$ , или метода, обеспечивающего функциональное соответствие между классами выходных  $LS!^{i,n+1}$  и входных  $LS^{?i,n+1}$  потоков данного класса узлов с учетом промежуточных преобразований класса внутренних потоков  $LS\tau^{i,n+1}$ ;  $(OS^{?i,n+1} \sqcup OS\tau^{i,n+1} \sqcup OS!^{i,n+1})$  – концепт для описания классов субстанциальных (объектных) характеристик системы (входных, выходных, передаточных/внутренних).

Представление концептуальной системы (системы-класса) в виде класса узлов, класса функций и класса объектов позволяет перейти ко второму этапу СОДА – построению генетической классификации.

## 2. Генетическая/стадиальная классификация

На втором этапе СОДА проводится идентификация анализируемой или проектируемой системы-явления  $s^i$  в процессе построения *генетической или стадиальной классификации* системы-класса  $S^{i,n+1}$ . На первом шаге этапа конкретизируются классы входных и выходных связей, на втором – класс функций, на третьем – классы объектных характеристик. Данные шаги можно представить следующим образом.

Конкретизация классов входных, внутренних и выходных связей системы-класса  $S^{i,n+1}$  на языке ДЛ с помощью расширения, называемого «*номинал*»:

$$S^{i,n+2} = [(\{LS^{?i}\} \sqcup \{LS\tau^i\} \sqcup \{LS!^i\}); (\{LS!^i\} \sqcap \exists R.\{LS\tau^i\} \sqcap \exists R.\{LS^{?i}\}); (OS^{?i,n+1} \sqcup OS\tau^{i,n+1} \sqcup OS!^{i,n+1})] \sqsubseteq S^{i,n+1}.$$

В [12] показано, что индивиды, заключенные в фигурные скобки, являются полноправными концептами (понятие «номинал»). Соответственно,  $\{LS^{?i}\} \sqsubseteq LS^{?i,n+1}$ ,  $\{LS\tau^i\} \sqsubseteq LS\tau^{i,n+1}$ ,  $\{LS!^i\} \sqsubseteq LS!^{i,n+1}$  – конкретные входные, внутренние и выходные потоки/связи.

Конкретизация класса функций системы-класса  $S^{i,n+2}$  на языке ДЛ с учетом того, что  $f$  и  $f\tau$  – роли, реализующая преобразование входных связей в выходные:

$$S^{i,n+3} = [(\{LS^{?i}\} \sqcup \{LS\tau^i\} \sqcup \{LS!^i\}); (\{LS!^i\} \sqcap \exists f\tau.\{LS\tau^i\} \sqcap \exists f.\{LS^{?i}\}); (OS^{?i,n+1} \sqcup OS\tau^{i,n+1} \sqcup OS!^{i,n+1})] \sqsubseteq S^{i,n+2}.$$

Соответственно,  $(\{LS!^i\} \sqcap \exists f\tau.\{LS\tau^i\} \sqcap \exists f.\{LS^{?i}\}) \sqsubseteq (\{LS!^i\} \sqcap \exists R.\{LS\tau^i\} \sqcap \exists R.\{LS^{?i}\})$ .

Конкретизация классов объектных характеристик системы-класса  $S^{i,n+3}$  конкретными атрибутами на языке ДЛ с помощью расширения, называемого «*конкретная область*», выявляет систему-явление

$$s^i = [(\{LS^{?i}\} \sqcup \{LS\tau^i\} \sqcup \{LS!^i\}); (\{LS!^i\} \sqcap \exists f\tau.\{LS\tau^i\} \sqcap \exists f.\{LS^{?i}\}) \sqsubseteq (\{LS!^i\}); (\exists hasOS^{?i} = p1 \sqcup \exists hasOS\tau^i = p2 \sqcup \exists hasOS!^i = p3)] \sqsubseteq S^{i,n+3}.$$

Таким образом,  $hasOS^{?i}$ ,  $hasOS\tau^i$ ,  $hasOS!^i$  – конкретные атрибуты (объектные характеристики), с конкретными значениями  $p1$ ,  $p2$ ,  $p3$ .

Направление или критерии конкретизации обусловлены тем, что система-явление  $s^i$  (как часть системы более высокого порядка) должна находиться в *отношении поддержания функциональной способности целого*, как по отношению к системе-классу  $S^{i,n+1}$  (как элемент класса), так и по отношению к надсистеме-явлению  $s^{i-1}$  (как ее подсистема):

$$s^{i-1} = [(\{LS^{?i-1}\} \sqcup \{LS\tau^{i-1}\} \sqcup \{LS!^{i-1}\}); (\{LS!^{i-1}\} \sqcap \exists f\tau.\{LS\tau^{i-1}\} \sqcap \exists f.\{LS^{?i-1}\}); (\exists hasOS^{?i-1} = k1 \sqcup \exists hasOS\tau^{i-1} = k2 \sqcup \exists hasOS!^{i-1} = k3)]; s^i \sqsubseteq s^{i-1}$$

Для того, чтобы  $s^i$  находилась в *отношении поддержания функциональной способности целого* к  $S^{i,n+1}$  и  $s^{i-1}$ , должны соблюдаться сформулированные ниже условия.

$$\text{Во-первых, } \{LS^{?i-1}\} \sqcup \{LS\tau^{i-1}\} \Rightarrow \{LS\tau^{i-1}\} \Rightarrow (\{LS^{?i}\} \sqcup \{LS\tau^i\}) \sqcap (LS!^{i-1} \sqcap \exists f.\{LS^{?i-1}\}) \Rightarrow$$

$$\exists f\tau.\{LS\tau^{i-1}\} \Rightarrow (LS^i \sqcap \exists f.\{LS^?^i\} \sqcap (\exists hasOS^?^{i-1} = t1 \sqcup \exists hasOS^{!^{i-1}} = t3) \Rightarrow \exists hasOS\tau^{i-1} = t2 \Rightarrow (\exists hasOS^?^i = k1 \sqcup \exists hasOS^{!^i} = k3).$$

Данные условия устанавливают, что для поддержания функциональной способности надсистемы-явления  $s^{i-1}$  и надсистемы-класса  $S^{i,n+1}$  со стороны системы  $s^i$  все свойства последней должны определяться (обуславливаться) свойствами упомянутых надсистем.

Во-вторых,

$$(\{LS^?^i\} \sqcup \{LS^{!^i}\}) \sqsubset \{LS\tau^{i-1}\} \sqcap (\{LS^{!^i}\} \sqcap \exists f.\{LS^?^i\}) \sqsubset \exists f\tau.\{LS\tau^{i-1}\} \sqcap (\exists hasOS^?^i = k1 \sqcup \exists hasOS^{!^i} = k3) \sqsubset \exists hasOS\tau^{i-1} = k2.$$

Данные условия определяют механизм, с помощью которого обеспечивается поддержание функциональной способности надсистемы-явления  $s^{i-1}$  со стороны системы-явления  $s^i$ .

После определения системы  $s^i$  в соответствии с упомянутыми условиями начинается третий этап СОДА – построение *партитивной классификации* (мерономии) данной системы путем ее декомпозиции с использованием специального алфавита модельных элементов, предложенного в работе [7] и уточненного в [13].

### 3. Партитивная классификация (мерономия)

Этап партитивной классификации представляет собой аналог графоаналитического моделирования анализируемой или проектируемой системы и позволяет получить декомпозицию системы на подсистемы в соответствии с ее внутренней детерминантой. Введем формально-семантическую нормативную систему (ФНС), основанную на алфавите связей, который формируется путем расширения базовой классификации связей [7]. В базовую классификацию добавляются (в данном случае, с учетом представленного далее примера) виды связей по данным и управляющим связям. В принятых в ДЛ обозначениях эта расширенная классификация связей может быть представлена следующим образом:

$$\mathbf{m} \sqsubset \mathbf{L}, \mathbf{i} \sqsubset \mathbf{L}, \mathbf{v} \sqsubset \mathbf{m}, \mathbf{e} \sqsubset \mathbf{m}, \mathbf{d} \sqsubset \mathbf{i}, \mathbf{c} \sqsubset \mathbf{i}, \mathbf{dd} \sqsubset \mathbf{d}, \mathbf{dp} \sqsubset \mathbf{d}, \mathbf{cd} \sqsubset \mathbf{c}, \mathbf{cp} \sqsubset \mathbf{c},$$

где  $\mathbf{L}$  – множество связей/потоков;  $\mathbf{m}$  – множество материальных связей/потоков;  $\mathbf{i}$  – множество информационных связей/потоков;  $\mathbf{v}$  – множество вещественных связей/потоков;  $\mathbf{e}$  – множество энергетических связей/потоков;  $\mathbf{d}$  – множество

связей/потоков данных;  $\mathbf{c}$  – множество связей/потоков управления;  $\mathbf{dd}$  – множество связей/потоков декларативных данных;  $\mathbf{dp}$  – множество связей/потоков процедурных данных;  $\mathbf{cd}$  – множество связей/потоков управления данными;  $\mathbf{cc}$  – множество связей/потоков управления процессами.

При этом предполагается возможность дальнейшего деления всех видов связей на подвиды при необходимости.

Алфавит узлов как перекрестков алфавитных связей описывается с помощью алфавита связей. Правила построения алфавита узлов ФНС (Табл. 1) обеспечивают предметную (проблемную) ориентированность предлагаемого алфавита, что собственно и делает данную нормативную систему формально-семантической и расширяемой/адаптируемой в зависимости от предметной области.

Тем самым построение партитивной классификации (мерономии) системы  $s^i$  сводится к следующим шагам:

1. Пусть  $s^i = [(\{LS^?^i\} \sqcup \{LS\tau^i\} \sqcup \{LS^{!^i}\}); (\{LS^{!^i}\} \sqcap \exists f.\{LS\tau^i\} \sqcap \exists f.\{LS^?^i\}); (\exists hasOS^?^i = p1 \sqcup \exists hasOS\tau^i = p2 \sqcup \exists hasOS^{!^i} = p3)]$  – система-явление, которую следует проанализировать или спроектировать. Декомпозиция системы  $s^i$  на подсистемы, функциональные свойства которых являются поддерживающими для системы  $s^i$ , описывается следующим образом:  $s^{i,m} \sqsubset s^i$  ( $m = 1, N$ ); или  $s^i \equiv s^{i,1} \sqcup \dots \sqcup s^{i,N}$ , таких что:  $(\{LS^{i,m}\} \sqcap \exists f\tau.\{LS\tau^{i,m}\} \sqcap \exists f.\{LS^?^{i,m}\}) \sqsubset \exists f\tau.\{LS\tau^i\}$ .

2. Для каждой подсистемы  $s^{i,m} = [(\{LS^?^{i,m}\} \sqcup \{LS\tau^{i,m}\} \sqcup \{LS^{!^{i,m}}\}); (\{LS^{!^{i,m}}\} \sqcap \exists f.\{LS\tau^{i,m}\} \sqcap \exists f.\{LS^?^{i,m}\}); (\exists hasOS^?^{i,m} = q1 \sqcup \exists hasOS\tau^{i,m} = q2 \sqcup \exists hasOS^{!^{i,m}} = q3)]$  определяем типы связей и узлов на основе введенной ранее нормативной системы.

3. Повторяем шаг 2 для всех подсистем систем-явлений  $s^{i,m}$ .

### 4. Примеры построения генетической и партитивной классификаций

Рассмотрим работу алгоритма СОДА на примере проектирования информационной бухгалтерской системы, включающей несколько подсистем, в том числе систему маршрутизации и хранения документов (СМХД).

Табл. 1. Правила построения алфавита узлов ФСНС

ЗНАК	ФОРМАЛЬНОЕ ВЫРАЖЕНИЕ	ИНТЕРПРЕТАЦИЯ
<b>V</b>	$\equiv v! \sqcap \exists f.(v?)$	Преобразование вещества
<b>E</b>	$\equiv e! \sqcap \exists f.(e?)$	Преобразование энергии
<b>D</b>	$\equiv d! \sqcap \exists f.(d?)$	Преобразование данных
<b>C</b>	$\equiv c! \sqcap \exists f.(c?)$	Преобразование потока управления
<b>VE</b>	$\equiv (v! \sqcup e!) \sqcap \exists f.(v? \sqcup e?)$	Преобразование вещества и энергии
<b>VD</b>	$\equiv (v! \sqcup d!) \sqcap \exists f.(v? \sqcup d?)$	Преобразование вещества и данных
<b>ED</b>	$\equiv (e! \sqcup d!) \sqcap \exists f.(e? \sqcup d?)$	Преобразование энергии и данных
<b>EC</b>	$\equiv (e! \sqcup c!) \sqcap \exists f.(e? \sqcup c?)$	Преобразование энергии и потока управления
<b>DC</b>	$\equiv (d! \sqcup c!) \sqcap \exists f.(d? \sqcup c?)$	Преобразование данных и потока управления
<b>DD</b>	$\equiv dd! \sqcap \exists f.(dd?)$	Преобразование декларативных данных
<b>DP</b>	$\equiv dp! \sqcap \exists f.(dp?)$	Преобразование процедурных данных
<b>CD</b>	$\equiv cd! \sqcap \exists f.(cd?)$	Преобразование потока управления данными
<b>CP</b>	$\equiv cp! \sqcap \exists f.(cp?)$	Преобразование потока управления процессами
<b>DDDP</b>	$\equiv (dd! \sqcup dp!) \sqcap \exists f.(dd? \sqcup dp?)$	Преобразование декларативных данных и процедурных данных
<b>DDCD</b>	$\equiv (dd! \sqcup cd!) \sqcap \exists f.(dd? \sqcup cd?)$	Преобразование декларативных данных и потока управления данными
<b>DPCD</b>	$\equiv (dp! \sqcup cd!) \sqcap \exists f.(dp? \sqcup cd?)$	Преобразование процедурных данных и потока управления данными
<b>DDCP</b>	$\equiv (dd! \sqcup cp!) \sqcap \exists f.(dd? \sqcup cp?)$	Преобразование декларативных данных и потока управления процессами
<b>DPCP</b>	$\equiv (dp! \sqcup c!) \sqcap \exists f.(dp? \sqcup cp?)$	Преобразование процедурных данных и потока управления процессами
<b>CDCP</b>	$\equiv (cd! \sqcup cp!) \sqcap \exists f.(cd? \sqcup cp?)$	Преобразование потока управления данными и потока управления процессами

На первом этапе СОДА строится родовидовая классификация информационных систем (ИС) по типам используемых данных (Рис. 1). Этап заканчивается следующим представлением бухгалтерской системы в виде классов узлов, функций и объектов (УФО-элементов):

$$CMXD^{1,1} = [(LS^{i,n+1} \sqcup LS\tau^{i,n+1} \sqcup LS!^{i,n+1}); (LS!^{i,n+1} \sqcap \exists R.LS\tau^{i,n+1} \sqcap \exists R.LS?^{i,n+1}); (OS?^{i,n+1} \sqcup OS\tau^{i,n+1} \sqcup OS!^{i,n+1})] \subseteq CMXD.$$

На втором этапе СОДА проводится следующая последовательная конкретизация классов узлов, классов функций и классов объектных характеристик.

Бухгалтерская  $CMXD^{1,1} = [(Воздействие\ пользователя)? \sqcup (Упорядоченная\ информация)! \sqcup (Различные\ виды\ данных)\tau; (Упорядоченная\ информация)! \sqcap \text{ИмеетСоответствие.} (Различные\ виды\ данных)\tau \sqcap \text{ИмеетСоответствие.} (Счета-фактуры)?; (Свойства\ входных\ данных)? \sqcup (Свойства\ внутренних\ данных)\tau \sqcup (Свойства\ выходных\ данных)!]$ .

Бухгалтерская  $CMXD^{1,2} = [\{Поисковая\ информация\ пользователя\}?\ \sqcup \{Отчет\ счета-фактуры\}!\ \sqcup \{Внутренние\ данные\}\tau; \{Отчет\ счета-фактуры\}!\ \sqcap \text{ИмеетСоответствие.} \{Внутренние\ данные\}\tau \sqcap \text{ИмеетСоответствие.} \{Поисковая\ информация\ пользователя\}?\]; (Свойства\ входных\ данных)? \sqcup (Свойства\ внутренних\ данных)\tau \sqcup (Свойства\ выходных\ данных)!]$ .

Бухгалтерская  $CMXD^{1,3} = [\{Поисковая\ информация\ пользователя\}?\ \sqcup \{Отчет\ счета-фактуры\}!\ \sqcup \{Внутренние\ данные\}\tau; \{Отчет\ счета-фактуры\}!\ \sqcap \text{ЗобработкаДанных.} \{Внутренние\ данные\}\tau \sqcap \text{Зобработка\ ПоисквогоЗапроса.} \{Поисковая\ информация\ пользователя\}?\]; (Свойства\ входных\ данных)? \sqcup (Свойства\ внутренних\ данных)\tau \sqcup (Свойства\ выходных\ данных)!]$ .

Бухгалтерская  $CMXD = [\{Поисковая\ информация\ пользователя\}?\ \sqcup \{Отчет\ счета-фактуры\}!\ \sqcup \{Внутренние\ данные\}\tau; (Упорядоченная\ информация)! \sqcap \text{ЗобработкаДанных.} \{Внутренние\}$

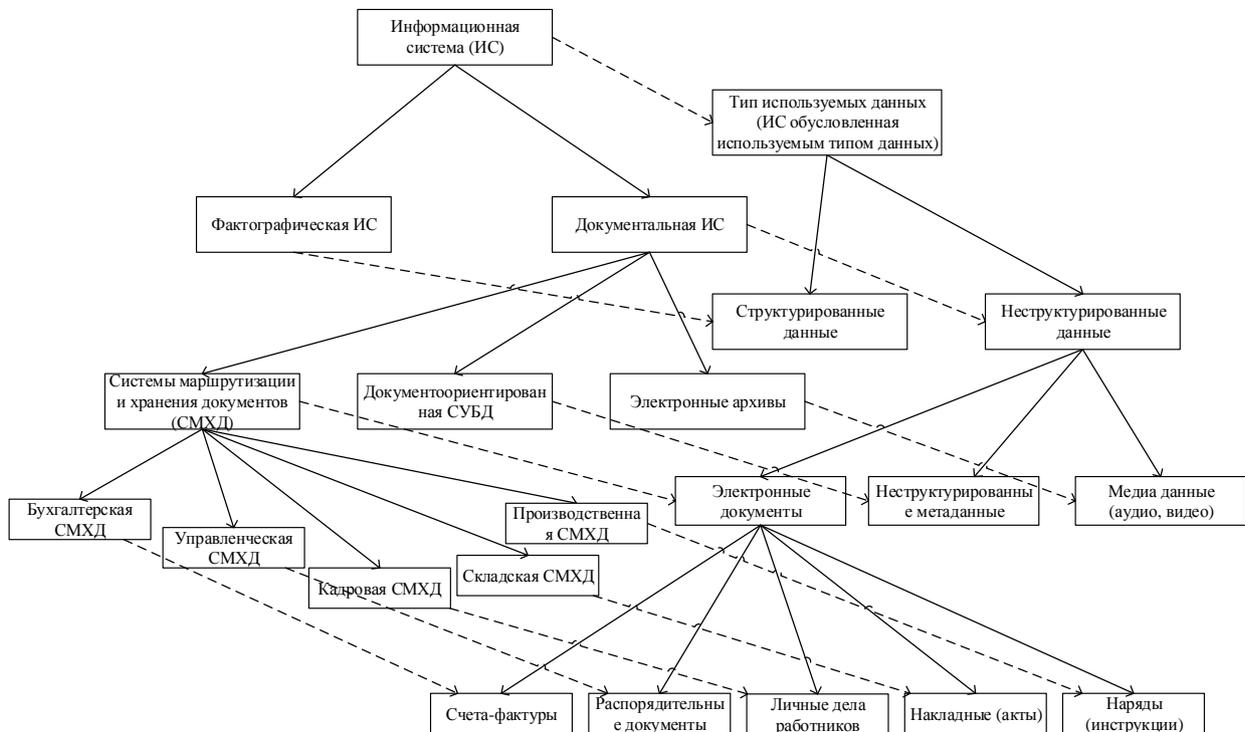


Рис. 1. Классификация (таксономия) ИС в зависимости от типа используемых данных

данные};  $\tau$  П **ЭобработкаПоискового Запроса.** {Поисковая информация пользователя}; ((Максимальное количество товаров)=20  $\sqcap$  (Сумма НДС $\leq$ 10000 руб.)) $\tau$   $\sqcap$  ((Количество одновременных пользователей) $\geq$ 100  $\sqcap$  (Время отклика системы $\leq$ 2 сек. )) $\tau$   $\sqcap$  ((Максимальное количество страниц) $\leq$ 10)!].

После определения системы-явления «Бухгалтерская СМХД» выполняется третий этап СОДА – построение партитивной классификации. Первоначально определяются подсистемы для системы-явления (Рис. 2).

Используя средства дескрипционной логики, можно определить ТВох и АВох для предметной области «Бухгалтерская СМХД».



Рис. 2. Диаграмма декомпозиции подсистем «Бухгалтерская СМХД»

ТВох состоит из следующих аксиом:

- Бухгалтерская СМХД<sup>1,1</sup>  $\sqsubset$  СМХД;
- Бухгалтерская СМХД<sup>1,2</sup>  $\sqsubset$  Бухгалтерская СМХД<sup>1,1</sup>;
- Бухгалтерская СМХД<sup>1,3</sup>  $\sqsubset$  Бухгалтерская СМХД<sup>1,2</sup>;
- Бухгалтерская СМХД  $\sqsubset$  Бухгалтерская СМХД<sup>1,3</sup>.

АВох состоит из следующих аксиом:

- Интерфейс  $\sqsubset$  Бухгалтерская СМХД;
- Модуль поиска  $\sqsubset$  Бухгалтерская СМХД;
- Модуль экспорта  $\sqsubset$  Бухгалтерская СМХД;
- Бухгалтерская СМХД  $\equiv$  Интерфейс  $\sqcap$  Модуль поиска  $\sqcap$  Модуль экспорта;

• Интерфейс  $\equiv$  [( {Входная информация пользователя}  $\sqcap$  {Запрос на использование}) $\tau$   $\sqcap$  {Внутренние ссылки интерфейса} $\tau$   $\sqcap$  ({Выходная информация пользователя}  $\sqcap$  {Запрос на поиск})!]; (({Выходная информация пользователя}  $\sqcap$  {Запрос на поиск})! П **ЭобработкаЗапроса Пользователя.** ({Входная информация пользователя}  $\sqcap$  {Запрос на использование}) $\tau$  П **Эобработка ЗапросаПользователя.** {Внутренние ссылки интерфейса} $\tau$ ; (Длина пароля для входа.=5 символов) $\tau$   $\sqcap$  (Количество переходов по ссылкам. $\leq$ 3) $\tau$   $\sqcap$  (Количество объектов для поиска.  $\leq$  20)!];

•Модуль поиска  $\equiv [(\{\text{Данные БД}\} \sqcup \{\text{Запрос на поиск}\})? \sqcup \{\text{Фильтр данных}\} \tau \sqcup (\{\text{Выходные данные БД}\} \sqcup \{\text{Выходной запрос на поиск}\})!; (\{\text{Выходные данные БД}\} \sqcup \{\text{Выходной запрос на поиск}\})! \sqcup \text{ЭкспортЗапроса.} (\{\text{Данные БД}\} \sqcup \{\text{Запрос на поиск}\})? \sqcup \text{ЭкспортФильтра.} \{\text{Фильтр данных}\} \tau; (\text{Количество объектов для поиска} \leq 20)? \sqcup (\text{Количество параметров фильтра} \leq 3) \tau \sqcup (\text{Время отклика} \leq 3 \text{ сек.})!];$

•Модуль экспорта  $\equiv [(\{\text{Фильтрованные данные БД}\} \sqcup \{\text{Управление экспортом}\})? \sqcup \{\text{Формат экспорта}\} \tau (\{\text{Отчет счета-фактуры}\} \sqcup \{\text{Выходное управление экспортом}\})!; (\{\text{Отчет счета-фактуры}\} \sqcup \{\text{Выходное управление экспортом}\})! \sqcup \text{ВыполнениеЭкспорта.} (\{\text{Фильтрованные данные БД}\} \sqcup \{\text{Управление экспортом}\})? \sqcup \text{СохранениеДокумента.} \{\text{Формат экспорта}\} \tau; (\text{Количество обрабатываемых объектов} \leq 20)? \sqcup (\text{Сумма НДС} \leq 10000 \text{ руб.}) \tau \sqcup (\text{Время работы} \leq 3 \text{ сек.})!];$

Далее взаимодействие данных подсистемы представляется с помощью введенной ФСНС. Необходимые алфавитные узлы и связи определяются с помощью классификации ФСНС исходя из характера входных и выходных связей подсистем. Таким образом (см. Табл. 1) Интерфейс – **DDDP**; Модуль поиска – **DDDP**; Модуль экспорта – **DDCP**. Типы связей и узлов и их взаимодействия, выполненные в пакете UFO-toolkit, показаны на Рис. 3 и 4.

## Заключение

Представленные в работе результаты завершают описание исследования и разработки

системно-объектного детерминантного анализа. По мнению авторов, СОДА компенсирует некоторые недостатки традиционных средств системного анализа за счет того, что выполняется в соответствии с формализованными алгоритмическими процедурами, учитывающими ряд общесистемных закономерностей.

На первом этапе СОДА [8] определяется класс, к которому принадлежит анализируемая или проектируемая система, и тем самым определяется внешняя детерминанта системы, т.е. ее функциональный запрос более высокого порядка (надсистемы) на систему с заданной функцией. При этом определяется класс, включающий анализируемую или проектируемую систему, фиксируются функциональные свойства данной системы, классы входных и выходных связей, которые и задают функциональный запрос к системе со стороны надсистемы, а ее объектные характеристики уточняют способы реализации функций.

Последующие этапы СОДА рассмотрены в данной статье. Процедура генетического классифицирования предметной области позволяет выполнить последовательное уточнение систем-классов до конкретных систем-явлений, свойства которых должны обуславливаться свойствами надсистемы. Формулирование набора требований к системам в ходе родовидового и генетического классифицирования формализует процесс разработки технического задания на создание новой технической или информационной системы, которое определяет функциональные возможности системы, вытекающие из ее внутренней детерминанты. Этап партитивной классификации вместе с исполь-

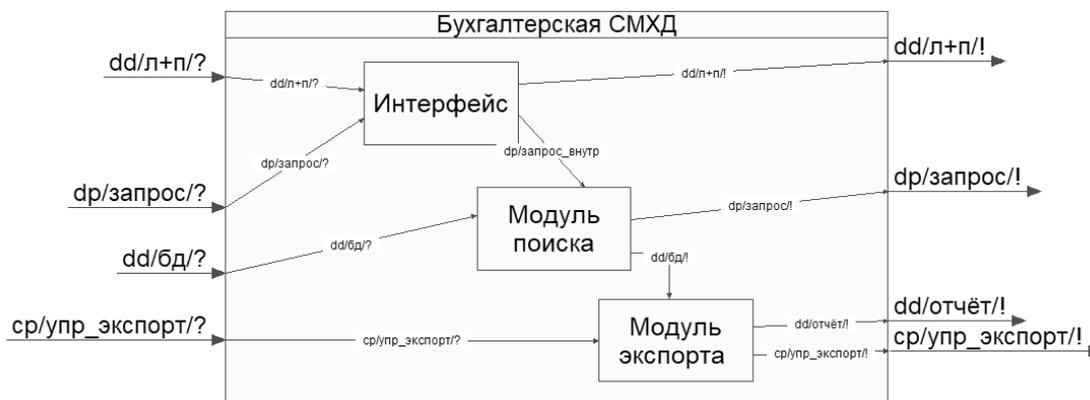
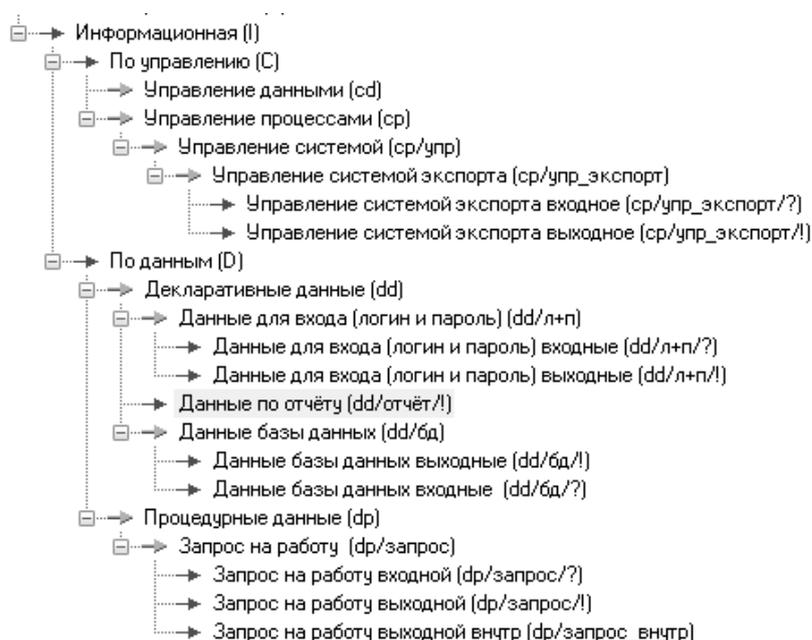


Рис. 3. Расширенная диаграмма декомпозиции подсистем «Бухгалтерская СМХД»



зованием формально-семантической нормативной системы реализует декомпозицию анализируемой системы на подсистемы, что, по сути дела, фактически формализует процедуру проектирования новой системы.

Дальнейшие исследования предполагают использование процедуры СОДА для анализа и проектирования систем в конкретных предметных областях.

## Литература

1. Качала В.В. Общая теория систем и системный анализ. М.: Горячая линия. Телеком. 2017. 431 с.
2. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ. К.: МАУП. 2003. 368 с.
3. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. СПб.: Издательский дом «Бизнес-пресса», 2000. 326 с.
4. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник / Под ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика. 2006. 848 с.
5. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ. М.: Юрайт. 2015. 616 с.
6. Маторин С.И., Михелев В.В. Системно-объектный подход к детерминантному анализу сложных систем //

Искусственный интеллект и принятие решений. 2020. №2. С. 86-93.

7. Теория систем и системный анализ: учебник / С.И. Маторин, А.Г. Жихарев, О.А. Зимовец, М.Ф. Тубольцев, А.А. Кондратенко; под ред. С.И. Маторина. М.: КНОРУС. 2021. 456 с.
8. Маторин С.И., Михелев В.В. Системно-объектный детерминантный анализ. Часть 1. Построение таксономии предметной области // Искусственный интеллект и принятие решений. 2021. №1. С. 15-24.
9. Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зимовец О.А. Исчисление объектов в системно-объектном методе представления знаний // Искусственный интеллект и принятие решений. 2017. №3. С. 95-106.
10. Зимовец О.А., Маторин С.И. Интеграция средств формализации графоаналитических моделей «Узел-Функция-Объект» // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. № 1. С. 95-102.
11. Зимовец О.А., Маторин С.И. Системное графоаналитическое моделирование административных процедур. Белгород: Изд-во ООО ГиК. 2014. 134 с.
12. Baader F., Calvanese D., L. McGuinness, Nardi D., Patel-Schneider P. F., The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications. Cambridge University Press. 2003. 576 p.
13. Маторин С. И., Михелев В.В., Жихарев А. Г. Нормативная система системно-объектного анализа и моделирования // Экономика. Информатика. 2020. №3. С. 623-637.

**Маторин Сергей Игоревич.** Доктор технических наук, профессор. Профессор, Белгородский университет кооперации, экономики и права. Область научных интересов: системный подход, теория систем, системный анализ, CASE-технология, управление знаниями, бизнес-моделирование. E-mail: matorin@softconnect.ru

**Михелев Владимир Владимирович.** Аспирант. Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Область научных интересов: системный подход, теория систем, системный анализ. CASE-технология. E-mail: keeper121@yandex.ru

## System-Object Determinant Analysis. Construction of Genetic and Partitive Classifications of the Subject Area

S. I. Matorin<sup>1</sup>, V. V. Mikhelev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research University "Belgorod State University", Belgorod, Russia

<sup>1</sup>Belgorod University of Cooperation, Economics & Law, Belgorod, Russia

**Abstract.** The paper considers the second and third stages of the system-object determinant analysis, including the construction of genetic and partitive classifications of the subject area. Class systems and phenomenon systems are described using a single system-object approach "Node-Function-Object" and formalization means in the language of descriptive logic ALCHOIQ (D). Partitive classification is obtained using a formal-semantic normative system based on the classification of alphabetical nodes and links. Examples of constructed genetic and partitive classifications are given.

**Keywords:** system-object determinant analysis, genetic classification, partitive classification, subject domain meronymy, system-object approach "Unit-Function-Object", descriptive logic, conceptual systems, systems-phenomena, formal-semantic normative system.

DOI 10.14357/20718594220103

### References

1. Kachala V.V. 2017. Obshhaja teorija sistem i sistemnyj analiz [General systems theory and systems analysis]. M.: Gorjachaja linija. Telekom. 431.
2. Surmin Yu.P. 2003. Teoriya sistem i sistemnyj analiz [Systems theory and systems analysis]. K.: MAUP. 368.
3. Spitsnadel' V.N. 2000. Osnovy sistemnogo analiza [Fundamentals of systems analysis]. SPb.: «Izdatel'skiy dom «Biznes-pressa»». 326.
4. Volkova V.N. 2006. Teoriya sistem i sistemnyj analiz v upravlenii organizacijami: Spravochnik [System Theory and Systems Analysis in the Management of Organizations: Handbook]. M.: Finansy i statistika. 848.
5. Volkova V.N., Denisov A.A. 2015. Teoriya sistem i sistemnyj analiz [System Theory and Systems Analysis]. M.: Yurayt. 616.
6. Matorin S.I., Mikhelev V.V. 2020. Sistemno-ob'yektnyj podkhod k determinantnomu analizu slozhnykh sistem [System-Object Approach to the Determinant Analysis of Complex Systems]. *Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy [Artificial Intelligence and Decision Making]*. 2: 86-93.
7. Teoriya sistem i sistemnyj analiz: uchebnik [Systems theory and systems analysis: textbook]. 2020. S.I. Matorin, A.G. Zhikharev, O.A. Zimovets and others; ed. S.I. Matorina. Moskva; Berlin: Direktmedia Publishing. 509. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574641>.
8. Matorin S.I., Mikhelev V.V. 2021. Sistemno-ob'yektnyj determinantnyj analiz 1. Postroenie taksonomii predmetnoj oblasti [System-Object Determinant Analysis 1. Building a domain taxonomy] // *Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy [Artificial Intelligence and Decision Making]*. 1: 15-24.
9. Matorin S.I., Zhikharev A.G., Zimovets O.A. 2017. Ischislenie ob'ektov v sistemno-ob'yektnom metode predstavleniya znaniy [Calculus of objects in the system-object method of knowledge representation] // *Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy [Artificial Intelligence and Decision Making]*. 3: 95-106.
10. Zimovets O.A., Matorin S.I. 2012. Integracija sredstv formalizacii grafoanaliticheskikh modelej «Uzel-Funkcija-Ob'ekt» [Integration of means of formalization of graphic-analytical models "Unit-Function-Object"] // *Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy [Artificial Intelligence and Decision Making]*. 1: 95-102.
11. Zimovets O.A., Matorin S.I. 2014. Sistemnoe grafoanaliticheskoe modelirovanie administrativnykh procedur [System graphic-analytical modeling of administrative procedures]. - Belgorod: Izd-vo OOO GiK, 134 p.
12. Baader F., Calvanese D., L. McGuinness, Nardi D., Patel-Schneider P. F., 2003, *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications*. Cambridge University Press, 576 p.
13. Matorin S.I., Mikhelev V.V., Zhikharev A.G., 2020. Normativnaja sistema sistemno-ob'yektnogo analiza i modelirovanija [Normative system of system-object analysis and modeling] // *Jekonomika. Informatika [Economy. Computer science]*: 3. P. 623-637.

**Matorin Sergey I.** Doctor of Technical Sciences. Professor. Professor, Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. Research areas: system approach, system theory, system analysis, CASE-technology, knowledge management, business modeling. E-mail: [matorin@softconnect.ru](mailto:matorin@softconnect.ru)

**Mikhelev Vladimir V.** Graduate student, Belgorod National Research University. Research areas: systems approach, systems theory, systems analysis, CASE technology. E-mail: [keeper121@ya.ru](mailto:keeper121@ya.ru)