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

С. И. Маторин[I,II], В. В. Михелев[I]

[I] Белгородский государственный университет, г. Белгород, Россия
[II] 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-объектный 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 (надсистемы) 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),* таже, что и в работах [6, 8]. Синтаксис этой ДЛ в краткой форме представляется в виде следующего выражения:

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

где $\top$ и $\bot$ – концепты (называются истина и ложь); A – атомарный концепт; C, D – произвольные 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 ∪ RBox ∪ 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:

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

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 $\{LS\tau\}$; $(\{LS!\} \sqcap \exists f\tau.\{LS\tau\} \sqcap \exists f.\{LS?\})$ – 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) $f\tau$ преобразования внутренних потоков $\{LS\tau\}$; $(\exists hasOS?= \mathbf{k1} \sqcup \exists hasOS\tau = \mathbf{k2} \sqcup \exists hasOS!= \mathbf{k3})$ – 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:

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

где $S^{i,n-1}$ – поле для указания на систему-класс более высокого яруса иерархии; $RS^{i,n} \sqsubset RS^{i,n-1}$ – поле для описания метода, соответствующего роли $RS^{i,n}$ (функции) системы $S^{i,n}$, вложенной в роль $RS^{i,n-1}$ надсистемы $S^{i,n-1}$; $\sqsubset$ - 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 $\mathbf{s}^i$, 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:

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

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 $LS\tau^{i,n+1}$; $(LS!^{i,n+1} \sqcap \exists R.LS\tau^{i,n+1} \sqcap \exists R.LS?^{i+1})$ – 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 $\mathbf{s}^i$ 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*»:

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

В [12] показано, что индивиды, заключенные в фигурные скобки, являются полноправными концептами (понятие «номинал»). Соответственно, $\{LS?^i\} \sqsubset LS?^{i,n+1}$, $\{LS\tau^i\} \sqsubset LS\tau^{i,n+1}$, $\{LS!^i\} \sqsubset LS!^{i,n+1}$ – 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:

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

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

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

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

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 $\mathbf{s}^i$ (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 $\mathbf{s}^{i-1}$ (как ее подсистема):

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

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

Во-первых,

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

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

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

Во-вторых,

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

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

После определения системы $\mathbf{s}^{i}$ 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 (ФСНС), 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 управляющих связей. 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 **L** – множество связей/потоков; **m** – множество материальных связей/потоков; **i** – множество информационных связей/потоков; **v** – множество вещественных связей/потоков; **e** – множество энергетических связей/потоков; **d** – множество связей/потоков данных; **c** – множество связей/потоков управления; **dd** – множество связей/потоков декларативных данных; **dp** – множество связей/потоков процедурных данных; **cd** – множество связей/потоков управления данными; **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 ФСНС (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 $\mathbf{s}^{i}$ сводится к следующим шагам:

1. Пусть $\mathbf{s}^{i} = [(\{LS?^{i}\} \sqcup \{LS\tau^{i}\} \sqcup \{LS!^{i}\});\ (\{LS!^{i}\} \sqcap \exists f.\{LS\tau^{i}\} \sqcap \exists f.\{LS?^{i}\});\ (\exists hasOS?^{i} = \mathbf{p1} \sqcup \exists hasOS\tau^{i} = \mathbf{p2} \sqcup \exists hasOS!^{i} = \mathbf{p3})]$ – система-явление, которую следует проанализировать или спроектировать. Декомпозиция системы $\mathbf{s}^{i}$ на подсистемы, функциональные свойства которых являются поддерживающими для системы $\mathbf{s}^{i}$, описывается следующим образом: $\mathbf{s}^{i,m} \sqsubset \mathbf{s}^{i}$ ($m = 1,N$); или $\mathbf{s}^{i} \equiv \mathbf{s}^{i,1} \sqcup \ldots \sqcup \mathbf{s}^{i,N}$, 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 $\mathbf{s}^{i,m} = [(\{LS?^{i,m}\} \sqcup \{LS\tau^{i,m}\} \sqcup \{LS!^{i,m}\});\ (\{LS!^{i,m}\} \sqcap \exists f.\{LS\tau^{i,m}\} \sqcap \exists f.\{LS?^{i,m}\});\ (\exists hasOS?^{i,m} = \mathbf{q1} \sqcup \exists hasOS\tau^{i,m} = \mathbf{q2} \sqcup \exists hasOS!^{i,m} = \mathbf{q3})]$ определяем типы связей и узлов на основе введенной ранее нормативной системы.

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

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
V	≡ **v!** ⊓ ∃***f***.(**v?**)	Преобразование вещества
E	≡ **e!** ⊓ ∃ ***f***.(**e?**)	Преобразование энергии
D	≡ **d!** ⊓ ∃ ***f***.(**d?**)	Преобразование данных
C	≡ **c!** ⊓ ∃ ***f***.(**c?**)	Преобразование потока управления
VE	≡ (**v!** ⊔ **e!**) ⊓ ∃ ***f***.(**v?** ⊔ **e?**)	Преобразование вещества и энергии
VD	≡ (**v!** ⊔ **d!**) ⊓ ∃ ***f***.(**v?** ⊔ **d?**)	Преобразование вещества и данных
ED	≡ (**e!** ⊔ **d!**) ⊓ ∃ ***f***.(**e?** ⊔ **d?**)	Преобразование энергии и данных
EC	≡ (**e!** ⊔ **c!**) ⊓ ∃ ***f***.(**e?** ⊔ **c?**)	Преобразование энергии и потока управления
DC	≡ (**d!** ⊔ **c!**) ⊓ ∃ ***f***.(**d?** ⊔ **c?**)	Преобразование данных и потока управления
DD	≡ **dd!** ⊓ ∃ ***f***.(**dd?**)	Преобразование декларативных данных
DP	≡ **dp!** ⊓ ∃ ***f***.(**dp?**)	Преобразование процедурных данных
CD	≡ **cd!** ⊓ ∃ ***f***.(**cd?**)	Преобразование потока управления данными
CP	≡ **cp!** ⊓ ∃ ***f***.(**cp?**)	Преобразование потока управления процессами
DDDP	≡ (**dd!** ⊔ **dp!**) ⊓ ∃ ***f***.(**dd?** ⊔ **dp?**)	Преобразование декларативных данных и процедурных данных
DDCD	≡ (**dd!** ⊔ **cd!**) ⊓ ∃ ***f***.(**dd?** ⊔ **cd?**)	Преобразование декларативных данных и потока управления данными
DPCD	≡ (**dp!** ⊔ **cd!**) ⊓ ∃ ***f***.(**dp?** ⊔ **cd?**)	Преобразование процедурных данных и потока управления данными
DDCP	≡ (**dd!** ⊔ **cp!**) ⊓ ∃ ***f***.(**dd?** ⊔ **cp?**)	Преобразование декларативных данных и потока управления процессами
DPCP	≡ (**dp!** ⊔ **c!**) ⊓ ∃ ***f***.(**dd?** ⊔ **cp?**)	Преобразование процедурных данных и потока управления процессами
CDCP	≡ (**cd!** ⊔ **cp!**) ⊓ ∃ ***f***.(**cd?** ⊔ **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):

СМХД^{1,1} = **[(*LS*?$^{i,n+1}$ ⊔ *LS*τ$^{i,n+1}$ ⊔ *LS*!$^{i,n+1}$); (*LS*!$^{i,n+1}$ ⊓ ∃*R*.*LS*τ$^{i,n+1}$ ⊓ ∃*R*.*LS*?$^{i,n+1}$); (*OS*?$^{i,n+1}$ ⊔ *OS*τ$^{i,n+1}$ ⊔ *OS*!$^{i,n+1}$)]** ⊏ СМХД.

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

Бухгалтерская СМХД^{1,1} = [(Воздействие пользователя)? ⊔ (Упорядоченная информация)! ⊔ (Различные виды данных)τ; (Упорядоченная информация)! ⊓ **ЭимеетСоответствие. (**Различные виды данных)τ ⊓ **ЭимеетСоответствие.**(Счета-фактуры)?; (Свойства входных данных)? ⊔ (Свойства внутренних данных)τ ⊔ (Свойства выходных данных)!].

Бухгалтерская СМХД^{1,2} = [{Поисковая информация пользователя}? ⊔ {Отчет счета-фактуры}! ⊔ {Внутренние данные}τ; {Отчет счета-фактуры}! ⊓ **ЭимеетСоответствие.** {Внутренние данные}τ ⊓ **ЭимеетСоответствие.** {Поисковая информация пользователя}?; (Свойства входных данных)? ⊔ (Свойства внутренних данных)τ ⊔ (Свойства выходных данных)!].

Бухгалтерская СМХД^{1,3} = [{Поисковая информация пользователя}? ⊔ {Отчет счета-фактуры}! ⊔ {Внутренние данные}τ; {Отчет счета-фактуры}! ⊓ **ЭобработкаДанных.** {Внутренние данные}τ ⊓ **Эобработка ПоисковогоЗапроса.**{Поисковая информация пользователя}?; (Свойства входных данных)? ⊔ (Свойства внутренних данных)τ ⊔ (Свойства выходных данных)!].

Бухгалтерская СМХД = [{Поисковая информация пользователя}? ⊔ {Отчет счета-фактуры}! ⊔ {Внутренние данные}τ; (Упорядоченная информация)! ⊓ **ЭобработкаДанных.**{Внутренние

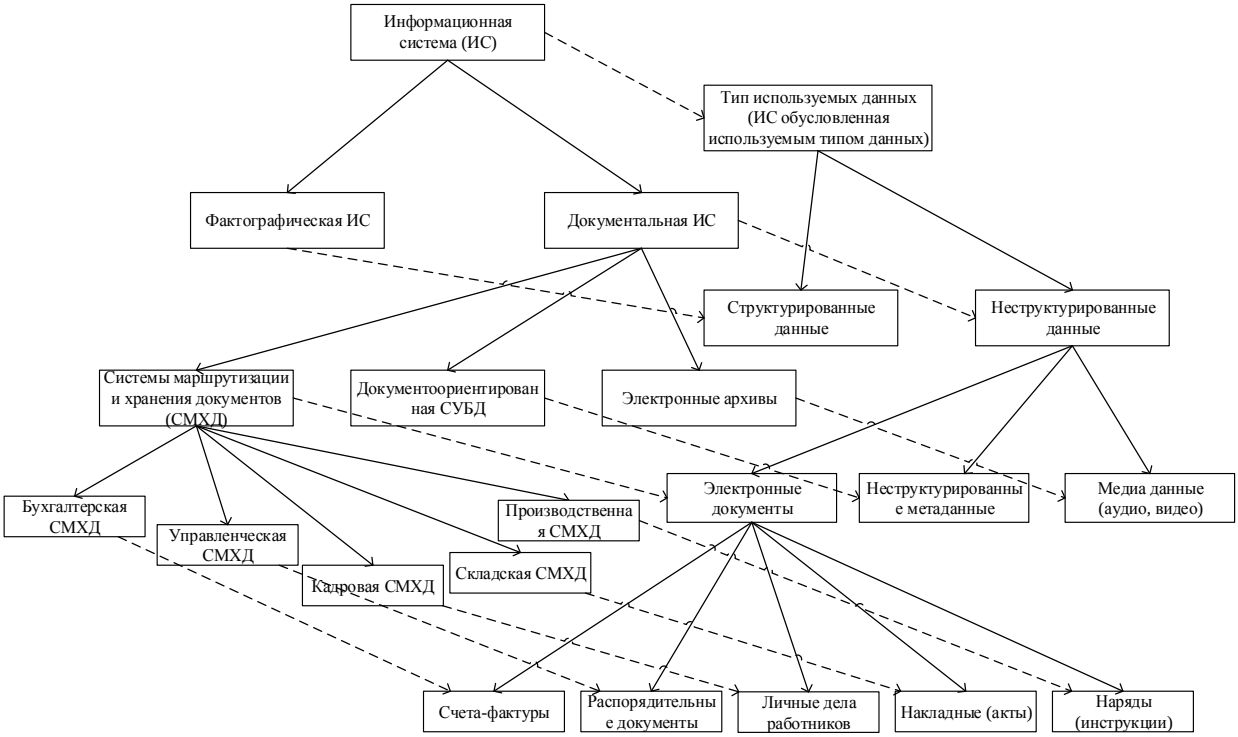

Рис. 1. Классификация (таксономия) ИС в зависимости от типа используемых данных

данные}τ $\sqcap$ **ЭобработкаПоискового Запроса.**{Поисковая информация пользователя}?; ((Максимальное количество товаров)=20 $\sqcup$ (Сумма НДС≤10000 руб.))? $\sqcup$ ((Количество одновременных пользователей)≥100 $\sqcup$ (Время отклика системы≤2 сек.))τ $\sqcup$ ((Максимальное количество страниц) ≤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 TBox и ABox для предметной области «Бухгалтерская СМХД».

Рис. 2. Диаграмма декомпозиции подсистем «Бухгалтерская СМХД»

TBox состоит из следующих аксиом:

•Бухгалтерская СМХД^{1,1} $\sqsubset$ СМХД;

•Бухгалтерская СМХД^{1,2} $\sqsubset$ Бухгалтерская СМХД^{1,1};

•Бухгалтерская СМХД^{1,3} $\sqsubset$ Бухгалтерская СМХД^{1,2};

•Бухгалтерская СМХД $\sqsubset$ Бухгалтерская СМХД^{1,3}.

ABox состоит из следующих аксиом:

•Интерфейс $\sqsubset$ Бухгалтерская СМХД;

•Модуль поиска $\sqsubset$ Бухгалтерская СМХД;

•Модуль экспорта $\sqsubset$ Бухгалтерская СМХД;

•Бухгалтерская СМХД ≡ Интерфейс $\sqcup$ Модуль поиска $\sqcup$ Модуль экспорта;

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

•Модуль поиска ≡ [({Данные БД} ⊔ {Запрос на поиск})? ⊔ {Фильтр данных}τ ⊔ ({Выходные данные БД} ⊔ {Выходной запрос на поиск})!; ({Выходные данные БД} ⊔ {Выходной запрос на поиск})! ⊓ **ЭобработкаЗапроса.** ({Данные БД} ⊔ {Запрос на поиск})? ⊓ **ЭприменениеФильтра.**{Фильтр данных}τ; (Количество объектов для поиска.≤20)? ⊔ (Количество параметров фильтра. ≤ 3)τ ⊔ (Время отклика. ≤ 3 сек.)**!**];

•Модуль экспорта ≡ [({Фильтрованные данные БД} ⊔ {Управление экспортом})? ⊔ {Формат экспорта}τ ({Отчет счета-фактуры} ⊔ {Выходное управление экспортом})!; ({Отчет счета-фактуры} ⊔ {Выходное управление экспортом})! ⊓ **ЭвыполнениеЭкпорта.** ({Фильтрованные данные БД} ⊔ {Управление экспортом})? ⊓ **ЭсохранениеДокумента.** {Формат экспорта}τ; (Количество обрабатываемых объектов. ≤20)? ⊔ (Сумма НДС≤10000 руб.)τ ⊔ (Время работы. ≤ 3 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 обусловливаться 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-

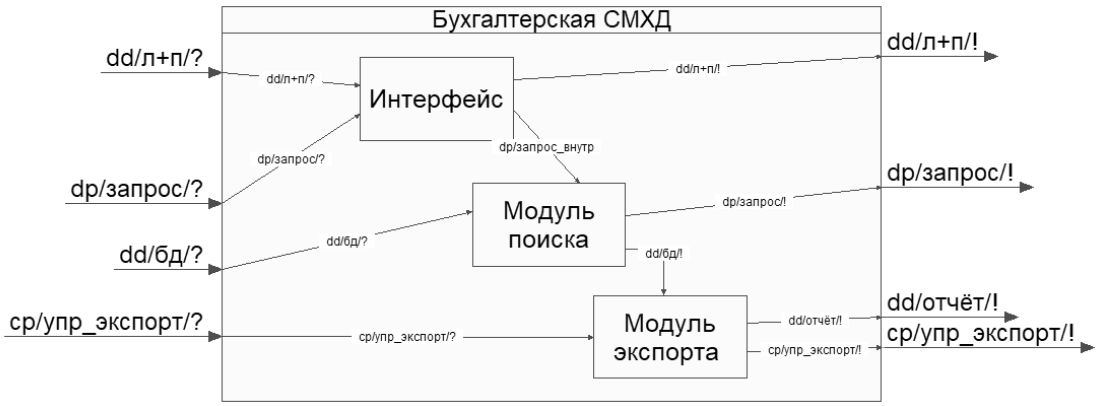

Рис. 3. Расширенная диаграмма декомпозиции подсистем «Бухгалтерская СМХД»

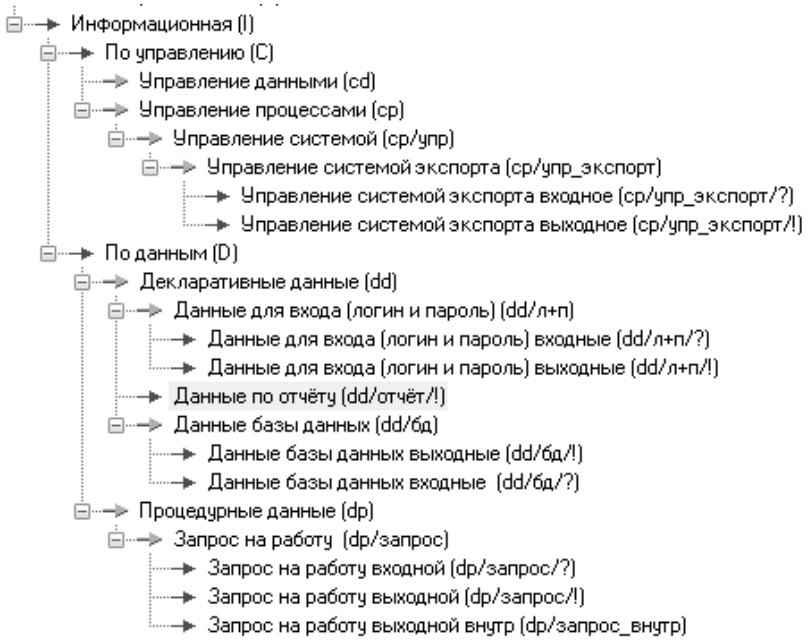

Рис. 4. Иерархия алфавитных связей подсистемы «Бухгалтерская СМХД»

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[I, II], V. V. Mikhelev[I]

[I] National Research University "Belgorod State University", Belgorod, Russia
[II] 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 meronomy, 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 sistemnyy 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 organizaciyami: 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 sistemnyy analiz [System Theory and Systems Analysis]. M.: Yurayt. 616.
6. Matorin S.I., Mikhelev V.V. 2020. Sistemno-ob"yektnyy podkhod k determinantnomu analizu slozhnykh system [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 sistemnyy 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 Pablishing. 509. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574641.
8. Matorin S.I., Mikhelev V.V. 2021. Sistemno-ob#ektnyj determinantnyj analiz 1. Postroenie taksonomii predmetnoj oblasti [System-Object Determinant Analysis 1. Building a domain taxonomy] // Iskusstvennyj intellekt i prinjatie reshenij [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#ektnom metode predstavlenija znanij [Calculus of objects in the system-object method of knowledge representation] // Iskusstvennyj intellekt i prinjatie reshenij [Artificial Intelligence and Decision Making]. 3: 95-106.
10. Zimovets O.A., Matorin S.I. 2012. Integracija sredstv formalizacii grafoanaliticheskih modelej «Uzel-Funkcija-Ob#ekt» [Integration of means of formalization of graphic-analytical models "Unit-Function-Object"] // Iskusstvennyj intellekt i prinjatie reshenij [Artificial Intelligence and Decision Making]. 1: 95-102.
11. Zimovets O.A., Matorin S.I. 2014. Sistemnoe grafoanaliticheskoe modelirovanie administrativnyh 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#ektnogo 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

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