



Общероссийский математический портал

С. И. Маторин, В. В. Михелев, Системно-объектный подход к детерминантно-му анализу сложных систем, *Искусственный интеллект и принятие решений*, 2020, выпуск 2, 86–93

DOI: 10.14357/20718594200207

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: 18.217.104.36

26 декабря 2024 г., 10:44:24



Системно-объектный подход к детерминантному анализу сложных систем *

С. И. Маторин¹, В. В. Михелев¹¹

¹ ЗАО «СофтКоннект», г. Белгород, Россия

¹¹ Национальный исследовательский университет «Белгородский государственный университет», г. Белгород, Россия

Аннотация. В статье описана возможность анализа систем с помощью системно-объектного подхода. Введено основанное на таком подходе понятие детерминантного анализа систем, который позволяет рассматривать детализацию описания системы как процесс постепенного уточнения её свойств. Предложена формализация этапов детерминантного анализа, начиная с систем-классов (внешних или концептуальных систем) и кончая системами-явлениями (внутренними или материальными системами), с использованием исчисления объектов Абади-Кардели и языка дескрипционной логики ALCHIO(D).

Ключевые слова: системно-объектный подход, детерминантный анализ, системы-явления, системы-классы, формализация, исчисление объектов, дескрипционная логика.

DOI 10.14357/20718594200207

Введение

Системный анализ, возникший в 60-х годах прошлого века одновременно с появлением компьютеров, обеспечивает логический и последовательный подход к изучению сложных систем и их свойств. Это показали, как первые попытки его применения в задачах военного управления (выбор технико-экономических характеристик бомбардировщиков, размещение авиационных баз), так и последующее его использование при решении разнообразных проблем.

Несмотря на убедительные успехи аналитической деятельности под лозунгом системного анализа, «нет однозначности в понимании самого системного анализа» [1, с. 231]. Существует несколько определений системного анализа, например, в работах [1-3], несколько методик его проведения, которые представляют собой совокупности различных принципов,

подходов и методов, обеспечивающих определенную эффективность анализа, но, практически, не включающих в себя собственно системную аналитику [1]. Анализируя методики системного анализа (по Квейду, по Оптнеру, по Черняку, по Голубкову, по Янгу, по Тарасенко, по Капитонову, по Плотницкому и т.п.), можно видеть, что они существенно отличаются друг от друга, несмотря на наличие одинаковых элементов, и все они являются разными довольно общими рекомендациями, способы реализации которых конкретно не указываются. Но самое главное, все эти методики, по сути дела, не используют понятия «система», не учитывают системный эффект, весьма поверхностно используют принципы системного подхода и не опираются на общесистемные закономерности.

Надо также учитывать, что на сегодняшний день и сам системный подход не имеет однозначного определения. По мнению авторов,

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты 18-07-00355а, 19-07-00290а, 19-07-00111а, 19-29-01047мк.

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

можно говорить о трех видах системного подхода: системно-структурном (в двух вариантах: функциональном и процессном), объектно-ориентированном и системно-объектном [4]. Так как средствами системно-объектного подхода удастся в большей степени учесть и системные свойства, и отношения, и общесистемные закономерности [4-8], предлагается использовать методику системно-объектного анализа, включающего системную аналитику.

В статье описано эффективное средство системного анализа – детерминантный анализ систем, основанный на системно-объектном подходе. Понятие «детерминантный анализ», изначально введенное Мельниковым [9], позволяет выделить этапы процесса становления системы в зависимости от имеющихся свойств системы. Предложена формализация этапов детерминантного анализа с помощью исчисления объектов Абади-Кардели и языка дескрипционной логики.

1. Основы системно-объектного анализа

Необходимым этапом традиционного системного анализа слабо формализованных объектов является анализ причин наличия у объекта (системы) определенных свойств. В существующих методиках системного анализа это соответствует этапу определения, выявления или формирования цели. Системный анализ, основанный на системно-объектном подходе, как раз и позволяет установить причину существования и источник имеющихся свойств системы. Это обеспечивается набором специальных понятий системно-объектного подхода, частично заимствованных из работ Мельникова [9].

Во-первых, система в рамках данного подхода рассматривается как явление (материальный объект) или класс (концептуальная система), функция или роль которого обусловлены функцией явления или ролью класса более высокого яруса (т.е. надсистемой-явлением или надсистемой-классом). Таким образом, системно-объектный подход учитывает существование не только систем-явлений (внутренних по Шрейдеру [10] или материальных по Акоффу [11]), как в системологии Мельникова, но и систем-классов (внешних по Шрейдеру или концептуальных по Акоффу).

Во-вторых, функции системы обуславливаются функций надсистемы. Это явление счита-

ется функциональным запросом надсистемы на систему с определенной функцией и рассматривается как внешняя детерминанта системы.

В-третьих, функционирование системы под влиянием внешней детерминанты, непосредственно определяющее ее внутренние свойства (свойства подсистем) рассматривается как внутренняя детерминанта системы. Различаются текущая внутренняя детерминанта системы, представляющая собой функционирование системы в текущий момент времени, и предельная внутренняя детерминанта, которая, по сути дела, должна быть максимально приближена к внешней детерминанте.

По мнению авторов, внешняя детерминанта системы есть причина возникновения системы, цель ее существования и главный определитель ее структурных, функциональных и субстанциальных свойств. Таким образом, внешняя детерминанта системы рассматривается в рамках системно-объектного подхода как универсальный системообразующий фактор. Функционирование же системы в соответствии с внешней детерминантой (т.е. соответствие внутренней детерминанты внешней) устанавливает между системой и надсистемой отношение поддержания функциональной способности более целого.

Представление системы удобно конкретизировать в виде триединой конструкции (Узел-Функция-Объект), описывающей структурные, функциональные и субстанциальные характеристики системы [4]. При этом именно узел, как перекресток связей, описывает функциональный запрос надсистемы к данной системе, т.е. ее внешнюю детерминанту.

Система-явление s может быть формально представлена в виде специального объекта исчисления объектов Абади-Кардели [6 - 8]:

$$s = [(Ls?, Ls!); fs(Ls?)Ls!; (Os?, Os!, Osf)], (1)$$

где $(Ls?, Ls!)$ – поле для описания узла us или перекрестка конечного множества входных связей $Ls?$ и выходных связей $Ls!$ в структуре надсистемы; $fs(Ls?)Ls!$ – поле для описания функции fs , заданной надсистемой, или метода, обеспечивающего функциональное соответствие между выходными $Ls!$ и входными $Ls?$ потоками данного узла; $(Os?, Os!, Osf)$ – поле для описания субстанциальных (объектных) характеристик системы (входных, выходных, передаточных).

Система-класс S^i , роль которой определяется ролью системы-класса более высокого яруса

иерархии, может быть формально представлена в виде другого специального объекта исчисления объектов Абади-Кардели с использованием обозначений, принятых в дескрипционной логике [8]:

$$\forall S^i \exists RS^i \text{ и } S^i = [S^{i-1}; RS^i \sqsubset RS^{i-1}], \quad (2)$$

где S^{i-1} – поле для указания на систему-класс более высокого яруса иерархии, соответствующей узлу US^i системы S^i ; $RS^i \sqsubset RS^{i-1}$ – поле для описания метода, соответствующего роли RS^i (функции FS^i) системы S^i , вложенной в роль RS^{i-1} надсистемы S^{i-1} ; \sqsubset – символ вложения концепта в концепт или роли в роль в языке дескрипционной логики.

Можно предложить эффективное средство системного анализа, которое опирается на введенные выше понятия системно-объектного подхода, и представляет собой модификацию и формализацию детерминантного анализа, предложенного в работе [9]. Это средство позволяет описать причины возникновения системы, этапы ее становления, имеющиеся свойства, что необходимо знать при анализе существующих систем, а также при проектировании новых систем.

Согласно концепции Мельникова, детерминантный анализ должен начинаться с анализа внутренней детерминанты объекта (системы), который позволяет раскрыть причины наличия у объекта его внутренних свойств, так как главное, всеми поддерживаемое собственно функциональное свойство целого, по отношению к которому все остальные свойства целого и его компонентов оказываются лишь косвенно функциональными, поддерживающими это главное свойство изнутри, становится определяющим, детерминирующим свойством целого. Отмечается, что знание только внутренней детерминанты недостаточно для анализа и понимания свойств объекта в целом. Для этого необходимо знание причины наличия у объекта самой внутренней детерминанты, т.е. необходим ответ на вопрос, чем определяется, детерминируется внешне определяющее, детерминирующее внутреннее свойство системы, что позволит установить детерминанту внутренней детерминанты системы (т.е. внешнюю детерминанту). Результаты такого анализа позволяют максимально приблизиться к определению сущностных свойств системы, правильной оценке ее текущего состояния и перспектив развития. Под сущностным свойством объекта (системы) в системно-объектном

подходе, в первую очередь, понимается функциональное свойство, ради наличия и для поддержания которого и сформировалась данная система. Таким образом, сущность системы есть, с одной стороны, следствие функционального запроса системы более высокого порядка (надсистемы), т.е. внешней детерминанты, а, с другой стороны, внутренняя причина того, что у системы имеются ее сущностные функциональные свойства [9].

Методика детерминантного анализа связана с классификационным анализом, также рассматриваемым как инструмент выявления существенных свойств и сущности объектов (систем) [12]. Поэтому Мельников рекомендует выполнять детерминантный анализ путем последовательного построения ряда классификаций – партитивной (или мерономической), генетической (или стадильной) и родовидовой (или таксономической).

2. Методика системно-объектного детерминантного анализа

По мнению авторов, главной целью любого системного анализа, а также отправной точкой проектирования любой новой системы должно быть определение системообразующего фактора, т.е. зачем, для чего существует система или зачем, для чего она проектируется. Следовательно, главной целью системно-объектного детерминантного анализа (СОДА) является установление надсистемы рассматриваемой системы и функционального запроса к ней, то есть причины ее возникновения или создания (внешней детерминанты). Основоположник детерминантного анализа Мельников подчеркивал, что если при изучении системы удалось сначала установить внешнюю детерминанту, то внутренняя детерминанта выводится из внешней на основе содержательных рассуждений об этапах формирования системы.

Поэтому проведение СОДА системы авторы рекомендуют начинать с построения родовидовой классификации систем анализируемой предметной области, которая позволяет выявить различные классы рассматриваемых систем и оценить типичные инвариантные свойства анализируемой или проектируемой системы. Эта оценка, в свою очередь, способствует выработке представлений о функциональном

запросе надсистемы, соответствующем предельной внутренней детерминанте данной системы. Такая возможность обусловлена тем, что сущностные свойства систем определяются, в первую очередь, иерархией классов [4, 13].

В процессе построения родовидовой классификации, т.е. иерархии классов систем анализируемой предметной области, которая описывает предметную область, соответствующую анализируемой или проектируемой системе, необходимо определить абстрактный класс (систему-класс), включающий эту систему:

$$S^{i,n} = [S^{i,n-1}; RS^{i,n} \subseteq RS^{i,n-1}], \quad (3)$$

где индекс i обозначает, что данный абстрактный класс включает в себя анализируемую систему-явление s^i , а индекс n – номер яруса в иерархии систем-классов. Обозначения в выражении (3) соответствуют обозначениям в выражении (2).

На следующем шаге классифицирования необходимо перейти от абстрактного класса $S^{i,n}$ к конкретному классу более низкого яруса, описывающему анализируемую или проектируемую систему (как систему-класс) с помощью класса узлов, класса функций и класса объектов:

$$S^{i,n+1} = [(LS^{?^{i,n+1}}, LS^{!^{i,n+1}}); FS^{i,n+1}(LS^{?^{i,n+1}})LS^{!^{i,n+1}}; (OS^{?^{i,n+1}}, OS^{!^{i,n+1}}, OSf^{i,n+1})].$$

Таким образом, построение родовидовой классификации анализируемой предметной области позволяет концептуально (на уровне классов) определить внешнюю детерминанту системы-класса или причины наличия у системы ее структурных, функциональных и объектных характеристик или возможные источники их создания.

Дальнейшее классифицирование приводит к построению генетической классификации анализируемой системы-класса, выявляющей фазы формирования из системы-класса требуемой системы-явления. В процессе построения генетической классификации как продолжения родовидовой из класса узлов ($LS^{?^{i,n+1}}, LS^{!^{i,n+1}}$) выделяется или формируется узел ($LS^{?^{i,n+2}}, LS^{!^{i,n+2}}$), представляющий собой перекресток конкретных входных и выходных потоков (функциональный запрос надсистемы-явления – внешнюю детерминанту анализируемой или требуемой системы-явления), что конкретизирует систему-класс $S^{i,n+1}$:

$$S^{i,n+2} = [(LS^{?^{i,n+2}}, LS^{!^{i,n+2}}); FS^{i,n+2}(LS^{?^{i,n+2}})LS^{!^{i,n+2}}; (OS^{?^{i,n+2}}, OS^{!^{i,n+2}}, OSf^{i,n+2})].$$

На следующем шаге классифицирования из класса функций $FS^{i,n+2}(LS^{?^{i,n+2}})LS^{!^{i,n+2}}$ дополнительно выделяется или формируется конкретная функция $fs^{i,n+3}(LS^{?^{i,n+3}})LS^{!^{i,n+3}}$, в следствие чего система-класс $S^{i,n+2}$ становится еще более конкретной:

$$S^{i,n+3} = [(LS^{?^{i,n+3}}, LS^{!^{i,n+3}}); fs^{i,n+3}(LS^{?^{i,n+3}})LS^{!^{i,n+3}}; (OS^{?^{i,n+3}}, OS^{!^{i,n+3}}, OSf^{i,n+3})].$$

И, наконец, выделение или формирование из класса объектных характеристик ($OS^{?^{i,n+3}}, OS^{!^{i,n+3}}, OSf^{i,n+3}$) конкретных субстанциальных свойств ($Os^{?^i}, Os^{!^i}, Osf^i$) окончательно выделяет или формирует из системы-класса $S^{i,n+3}$ (т.е. из $S^{i,n}$) систему-явление s^i :

$$s^i = [(Ls^{?^i}, Ls^{!^i}); fs^i(Ls^{?^i})Ls^{!^i}; (Os^{?^i}, Os^{!^i}, Osf^i)].$$

Дальнейшее классифицирование приводит к построению партитивной классификации анализируемой системы-явления, которая призвана путем анализа частей (компонентов и элементов, то есть подсистем данной системы) выявить сложившиеся в результате адаптации к запросу на данный момент времени внутренние (поддерживающие) свойства системы. Эти внутренние свойства являются частными функциями системы. Они поддерживают ее текущие целостные функциональные свойства. Следовательно, их анализ позволит оценить текущую внутреннюю детерминанту рассматриваемой системы. Целостно этапы СОДА представлены в таблице.

Системно-объектный детерминантный анализ, этапы которого приведены в таблице, представляет собой методологию определения сущности системы, задаваемой ее надсистемой. СОДА позволяет путем взаимной корректировки описанных классификаций анализируемой или проектируемой системы, начиная с уровня системы-класса до уровня системы-явления, в максимальной степени приблизится к пониманию функционального запроса надсистемы к рассматриваемой системе и направления ее становления, а также текущего состояния. Это, в свою очередь, позволяет правильно сформулировать сущностные свойства системы и степень достигнутого данной системой соответствия этим свойствам. Полученные таким образом знания об объекте позволяют более эффективно оценивать текущую ситуацию, прогнозировать изменение состояний объекта, выработать рекомендации для принятия решений и управления. Итак, СОДА предоставляет исследователю или проектировщику эффек-

Этапы системно-объектного детерминантного анализа

УФО-подход	Содержательная интерпретация	Этапы СОДА
Узел	Желание Причина Требования (Задание)	Родо-видовая классификация: $S^{i,n} = [S^{i,n-1}; RS^{i,n} \subseteq RS^{i,n-1}]$ $S^{i,n+1} = [(LS^{?i,n+1}, LS^{!i,n+1}); S^{i,n+1}(LS^{?i,n+1})LS^{!i,n+1}; (OS^{?i,n+1}, OS^{!i,n+1}, OSf^{i,n+1})]$
Функция	Возможность Условие Проектирование	Генетическая классификация: $S^{i,n+1} = [(LS^{?i,n+1}, LS^{!i,n+1}); S^{i,n+1}(LS^{?i,n+1})LS^{!i,n+1}; (OS^{?i,n+1}, OS^{!i,n+1}, OSf^{i,n+1})]$ $S^{i,n+2} = [(LS^{?i,n+2}, LS^{!i,n+2}); FS^{i,n+2}(LS^{?i,n+2})LS^{!i,n+2}; (OS^{?i,n+2}, OS^{!i,n+2}, OSf^{i,n+2})]$ $S^{i,n+3} = [(LS^{?i,n+3}, LS^{!i,n+3}); fS^{i,n+3}(LS^{?i,n+3})LS^{!i,n+3}; (OS^{?i,n+3}, OS^{!i,n+3}, OSf^{i,n+3})]$ $s^i = [(Ls^{?i}, Ls^{!i}); fs^i(Ls^{?i})Ls^{!i}; (Os^{?i}, Os^{!i}, Osf^i)]$
Объект	Действительность Следствие Реализация	Партитивная классификация: $s^i = [(Ls^{?i}, Ls^{!i}); fs^i(Ls^{?i})Ls^{!i}; (Os^{?i}, Os^{!i}, Osf^i)]$ $s_1^i = [(Ls^{?1}, Ls^{!1}); fs_1^i(Ls^{?1})Ls^{!1}; (Os^{?1}, Os^{!1}, Osf_1^i)]$ $s_2^i = [(Ls^{?2}, Ls^{!2}); fs_2^i(Ls^{?2})Ls^{!2}; (Os^{?2}, Os^{!2}, Osf_2^i)]$ \dots $s_j^i = [(Ls^{?j}, Ls^{!j}); fs_j^i(Ls^{?j})Ls^{!j}; (Os^{?j}, Os^{!j}, Osf_j^i)]$

тивный и обладающий разносторонними возможностями инструментарий для анализа или проектирования сложных слабо формализуемых систем.

3. Формализация СОДА средствами дескрипционной логики

Этапы системно-объектного детерминантного анализа были описаны выше с помощью теории исчисления объектов Абади-Кардели. Можно также формализовать СОДА с помощью средств дескрипционной логики.

Дескрипционная логика (ДЛ) является языком представления знаний о предметной области в формализованном виде, используя понятия атомарный концепт и роль. Концепты описывают классы, роли – отношения между концептами, что позволяет их применить для описания понятий и их свойств. Одной из базовых дескрипционных логик является ДЛ *ALC* [14]. Синтаксис логики *ALC* представлен ниже в краткой форме:

$$\{T; \perp; A; A \sqsubseteq C; \neg C; C \sqcap D; C \sqcup D; \exists R.C; \forall R.C\}$$

Символы T и \perp – концепты, называемые истина и ложь; A – атомарный концепт; C, D – произвольные концепты; R – атомарная роль. Синтаксис ДЛ описывает, какие выражения (концепты, роли, аксиомы, и др.) считаются правильно построенными в данной логике. Семантика ДЛ указывает, как интерпретировать эти выражения. В ДЛ общие знания о понятиях и их взаимосвязях выражаются с помощью ут-

верждений общего вида – набора терминологических аксиом *TBox*. С другой стороны, знания об индивидуальных объектах, их свойствах и связях с другими объектами – это набор утверждений об отношениях и свойствах индивидов *ABox*. Вместе они образуют базу знаний, или онтологию $K = TBox \cup ABox$.

Существуют разные расширения базовой ДЛ. Так, логика *ALC* использует формализмы для представления знаний о предметной области на концептуальном и абстрактном уровнях. Однако, на этапах генетической и партитивной классификации анализируемой или проектируемой системы в системно-объектном детерминантном анализе необходимо описывать системы-явления с конкретными свойствами, имеющими числовые, временные или пространственные характеристики, такие как, цена, зарплата, температура и т.д.

В логике *ALCHOIQ(D)* [15], которая является расширением логики *ALC*, имеются дополнительные средства аппарата ДЛ, необходимые для формализации всех этапов СОДА. В их числе:

Иерархия ролей (H), включающая понятия надроли R_1 и подроли R_2 , причем $R_2 \sqsubseteq R_1$. Набор таких ролей принято называть *RBox*.

Номиналы (O) – концепты, образованные из конкретных индивидов. Это понятие имеет следующий синтаксис: *если a есть индивид, то {a} есть концепт*. Номиналы являются полноправными концептами, и можно писать $A \sqcup \{a\}$ или $\exists R.\{a\}$.

Обратные роли (I). Если R – роль, то R^- – обратная роль.

Ограничение на роли (Q). Задаёт ограничение со следующим синтаксисом $\exists > 2R.C$.

Конкретная область (D). Пара (D, Φ) , где D – произвольное непустое множество, а Φ – набор предикатов на множестве D , позволяет задать множество предикатных символов PN . Каждый символ $P \in PN$ имеет валентность n , а Φ сопоставляет ему n -местное отношение $P^D \subseteq D^n$.

Например, пусть конкретная область $Order_N = (N, \Phi)$ представляет собой множество натуральных чисел N , а семейство предикатов Φ состоит из двуместных предикатов $<, \leq, =$ (и их отрицания: $\neq, \geq, >$) и одноместных предикатов $<_n, \leq_n, =_n$ (и их отрицания: $\neq_n, \geq_n, >_n$). Пусть *hasAge* есть конкретный атрибут (со значениями в D), обозначающий возраст человека. Тогда множество совершеннолетних людей, возраст которых не менее 18 лет, задаёт концепт: $Human \sqcap \exists hasAge \geq_{18}$.

Дескрипционная логика $ALCHOIQ(D)$ имеет следующий синтаксис [15]:

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

Формализуем этапы СОДА, используя средства дескрипционной логики.

1. Родо-видовая классификация.

Понятие системы-класса в терминах логики $ALCHOIQ(D)$ описано в [13] в виде концепта:

$$S^l_{i,j} = S^n_{i-1,j} \sqcap \exists R.S^l_{i+1,pj} \quad (4)$$

Здесь $S^l_{i,j}$, $S^n_{i-1,j}$, $R.S^l_{i+1,pj}$ – абстрактные классы (концепты), где $i = 0, \dots, N$, i – номер яруса иерархии; l, j, lj, pj – номера внутри одного яруса иерархии. Выделение таких классов и является первым этапом СОДА.

При переходе от абстрактных классов к конкретным классам, основываясь на системно-объектном подходе, система представляется в виде класса узлов, класса функций и класса объектов (УФО-элемента). Для этого вводятся концепты, соответствующие УФО-элементам, из выражения (1):

– *узел*, как перекресток множества входов $L?$ и выходов $L!$: $U = L? \sqcup L!$;

– *функция*, которая преобразует множество входов в множество выходов: $F = L! \sqcap \exists R.L?$. Выражение $L! \sqcap \exists R.L?$ обозначает множество выходов $L!$, «связанных» ролью R с множеством входов $L?$; R – функциональная роль, показывающая соответствие между концептами.

Можно ввести роль R – *имеетСоответствие*, тогда можно уточнить определение функции: $F = L! \sqcap \exists \text{имеетСоответствие}.L?$;

– *объект*, который реализует функцию и обладает субстанциональными характеристиками: $O = OS? \sqcup OS! \sqcup OSf$.

Система с конкретными классами, в терминах дескрипционной логики представляется как совокупность вышеприведённых УФО-элементов:

$$S = [U; F; O] = [(L? \sqcup L!);$$

$$L! \sqcap \exists \text{имеетСоответствие}.L?; OS? \sqcup OS! \sqcup OSf]$$

Каждый концепт может состоять из подконцептов. Так, R в функции-концепте может состоять из подролей: $F = L! \sqcap \exists (R_1 \sqcap \dots \sqcap R_n).L?$. В свою очередь, это относится и к узлу $U = ((L?_1 \sqcup \dots \sqcup L?_n) \sqcup (L!_1 \sqcup \dots \sqcup L!_n))$ и объекту $O = (OS?_{?1} \sqcup \dots \sqcup OS?_{?n}) \sqcup (OS!_{!1} \sqcup \dots \sqcup OS!_{!n}) \sqcup (OSf_{f1} \sqcup \dots \sqcup OSf_{fn})$.

2. Генетическая классификация.

На этом этапе осуществляется переход от систем-классов к системам-явлениям. Для этого используются понятия «номинал» и «конкретная область» дескрипционной логики $ALCHOIQ(D)$. В этом случае входы и выходы являются конкретными индивидами, функция задаётся конкретной ролью, объект уточняется конкретными областями. Шаги выглядят следующим образом:

$$- [(\{L?\}) \sqcup \{L!\}); \{L!\} \sqcap \exists R.\{L?\}; OS? \sqcup OS! \sqcup OSf];$$

$$- [(\{L?\} \sqcup \{L!\}); \{L!\} \sqcap \exists \text{имеетСоответствие}.\{L?\}; OS? \sqcup OS! \sqcup OSf];$$

$$- [(\{L?\} \sqcup \{L!\}); \{L!\} \sqcap \exists \text{имеетСоответствие}.\{L?\}; \exists \text{имеет}OS?.=_{n1} \sqcup \exists \text{имеет}OS!.=_{n2} \sqcup \exists \text{имеет}OSf.=_{n3}]; n_1, n_2, n_3 - \text{значения соответствующих полей объекта (атрибуты)}.$$

3. Партийная классификация.

На этом этапе образуется иерархия систем-явлений на основании «часть-целое»:

$$- [(\{L?_1\} \sqcup \{L!_1\}); \{L!_1\} \sqcap \exists \text{имеетСоответствие}_{1,1}.\{L?_1\}; \exists \text{имеет}OS?_{1,1}.=_{n1,1} \sqcup \exists \text{имеет}OS!_{1,1}.=_{n1,2} \sqcup \exists \text{имеет}OSf_{1,1}.=_{n1,3}];$$

$$- [(\{L?_2\} \sqcup \{L!_2\}); \{L!_2\} \sqcap \exists \text{имеетСоответствие}_{2,1}.\{L?_2\}; \exists \text{имеет}OS?_{2,1}.=_{n2,1} \sqcup \exists \text{имеет}OS!_{2,1}.=_{n2,2} \sqcup \exists \text{имеет}OSf_{2,1}.=_{n2,3}];$$

...

$$- [(\{L?_j\} \sqcup \{L!_j\}); \{L!_j\} \sqcap \exists \text{имеетСоответствие}_{j,1}.\{L?_j\}; \exists \text{имеет}OS?_{j,1}.=_{nj,1} \sqcup \exists \text{имеет}OS!_{j,1}.=_{nj,2} \sqcup \exists \text{имеет}OSf_{j,1}.=_{nj,3}].$$

Таким образом, последовательное построение трех описанных выше классификаций позволяет определить причину существования системы или требования при ее проектировании, условия ее существования или возможности создания, а также структурные и функциональные особенности анализируемой или проектируемой системы.

Заключение

Предложенный в статье концептуальный аппарат системно-объектного детерминантного анализа предоставляет исследователю или проектировщику эффективный и обладающий разносторонними возможностями инструментарий для анализа и представления сложных слабо формализуемых систем.

Во-первых, выявление класса, к которому принадлежит анализируемая или проектируемая система, даёт аналитику или разработчику представление о предназначении системы, а также позволяет уточнить требования к системе путем описания конкретных классов входов и выходов системы, конкретного класса преобразования входов в выходы и конкретных классов объектных характеристик. Это позволяет однозначно определить, задать внешнюю детерминанту системы.

Во-вторых, прослеживание стадий становления (или создания) системы позволяет, с одной стороны, конкретизировать требования к системе до уровня описания конкретных входных и выходных потоков как явлений, конкретных функциональных требований и конкретных объектных характеристик, а, с другой стороны, позволяет однозначно определить, задать внутреннюю детерминанту системы.

В-третьих, декомпозиция требований к системе как явлению (или ее внутренней детерминанты) даёт аналитику или разработчику представление о способах, обеспечения соответствия подсистем анализируемой или разрабатываемой системе ее внутренней детерминанте, т.е. способов функционирования или построения системы.

Описанный способ анализа и представления систем с помощью средств системно-объектного детерминантного анализа будет полезен и перспективен при проектировании слабо фор-

мализуемых организационных систем, неотъемлемой составной частью которых является человек.

Литература

1. Качала В.В. Общая теория систем и системный анализ. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 431 с.
2. Антонов А.В. Системный анализ. – М.: Высшая школа, 2004. – 454 с.
3. Волкова В.Н. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник: Учеб. пособие / Под ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 848 с.
4. Теория систем и системный анализ: учебник / С.И. Маторин, А.Г. Жихарев, О.А. Зимовец и др.; под ред. С.И. Маторина. – Москва; Берлин: Директмедиа Паблицинг, 2020. – 509 с.: Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574641> (Текст: электронный дата обращения: 12.03.2020).
5. Маторин С.И., Зимовец О.А., Жихарев А.Г. Общесистемные принципы в терминах системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект» // Труды ИСА РАН. – 2016. – №1 – Том 66. – С. 10-17.
6. 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.
7. Маторин С.И., Жихарев А.Г. Учет общесистемных закономерностей при системно-объектном моделировании организационных знаний // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2018. – №3 – С. 115-126.
8. Маторин С. И., Жихарев А. Г., Михелев В.В. Учет общесистемных закономерностей при концептуальном моделировании понятийных знаний // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2019. – №3 – С. 12-23.
9. Мельников Г.П. Системология и языковые аспекты кибернетики. – М.: Сов. радио, 1978. – 368 с.
10. Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. Системы и модели. – М.: Радио и связь, 1982. – 152с.
11. Ackoff R. L. General system theory and systems research: Contrasting conceptions of system science. // In: Proceedings of the Second Systems Symposium at Case Institute of Technology. - 1964.
12. Бреховских С.М. Основы функциональной системологии материальных объектов. – М.: Наука, 1986. – 192 с.
13. Маторин С. И., Михелев В.В. Анализ роли и структуры информационных (концептуальных) систем // НТИ. Серия 2. – 2020 – №4.
14. Baader F., Calvanese D., McGuinness L., Nardi D. Patel-Schneider P. F. The Description logic handbook: theory, implementation, and applications. – Cambridge University Press. – 2003. – 576 p.
15. Baader F., Sattler U. Expressive Number Restrictions in Description Logics // Journal of Logic and Computation. – 1999. – № 9(3) – P. 319-350.

System-Object Approach to Determinant Analysis for Complex Systems

S. I. Matorin^I, V. V. Mikhelev^{II}

^I“SoftConnect” CJSC, Belgorod, Russia

^{II} National Research University "Belgorod State University", Belgorod, Russia

Abstract. The article describes the possibility of analyzing systems using a system-object approach. The concept of determinant analysis of systems based on such an approach is introduced, which allows us to consider the detailed description of a system as a process of gradual refinement of its properties. The formalization of the stages of determinant analysis is proposed, starting with class systems (external or conceptual systems) and ending with systems-phenomena (internal or material systems), using the calculus of Abadi-Cardeli objects and the language of descriptive logic *ALCHIO (D)*.

Keywords: system-object approach, determinant analysis, systems-phenomena, systems-classes, formalization, calculus of objects, descriptive logic.

DOI 10.14357/20718594200207

References

1. Kachala V.V. 2017. Obshhaja teoriya sistem i sistemnyj analiz [General systems theory and systems analysis]. M.: Gorjachaja linija – Telekom. 431.
2. Antonov A.V. 2004. Sistemnyj analiz [System analysis]. M.: Vysshaya shkola. 454.
3. Volkova V.N. 2006. Teoriya sistem i sistemnyj analiz v upravlenii organizatsiyami: Spravochnik [System Theory and Systems Analysis in the Management of Organizations: Handbook]. M.: Finansy i statistika. 848.
4. Matorin S.I., Zhiharev A.G., Zimovec O.A. i dr. 2020. Teoriya sistem i sistemnyj analiz [Systems theory and systems analysis]. Moskva; Berlin: Direktmedia Publishing. 509. Available at: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574641>. (accessed March 12, 2020).
5. Matorin S.I., Zimovec O.A., Zhiharev A.G. 2016. Obshhesistemnye principy v terminah sistemno-ob#ektnogo podhoda “Uzel-Funkcija-Ob”ekt” [System-wide principles in terms of the system-object approach “Node-Function-Object”]. Trudy ISA RAN [Proceedings of the Institute of System Analysis of the Russian Academy of Sciences]. 1(66): 10-17.
6. Matorin S.I., Zhiharev A.G., Zimovec O.A. 2017. Ischislenie ob”ektov v sistemno-ob”ektnom metode predstavlenija znaniy [Calculus of objects in the system-object method of knowledge representation]. Iskusstvennyj intellekt i prinyatie reshenij [Artificial Intelligence and Decision Making]. 3: 95-106.
7. Matorin S.I., Zhiharev A.G. 2018. Uchet obshhesistemnykh zakonomernostej pri sistemno-ob”ektnom modelirovanii organizatsionnykh znaniy [Accounting for system-wide laws in system-object modeling of organizational knowledge]. Iskusstvennyj intellekt i prinyatie reshenij [Artificial Intelligence and Decision Making]. 3: 115-126.
8. Matorin S. I., Zhiharev A. G., Mihelev V.V. 2019. Uchet obshhesistemnykh zakonomernostej pri konceptual'nom modelirovanii ponjatijnykh znaniy [Accounting for system-wide patterns in the conceptual modeling of conceptual knowledge]. Iskusstvennyj intellekt i prinyatie reshenij [Artificial Intelligence and Decision Making]. 3: 12-23.
9. Mel'nikov G.P. 1978. Sistemologiya i yazykovye aspekty kibernetiki [Systemology and language aspects of cybernetics]. M.: Sov. Radio. 368.
10. SHrejder YU.A., SHarov A.A. 1982. Sistemy i modeli [Systems and models]. M.: Radio i svyaz'. 152.
11. Ackoff R. L. General system theory and systems research: Contrasting conceptions of system science. // In: Proceedings of the Second Systems Symposium at Case Institute of Technology. - 1964.
12. Brehovskih S.M. 1986. Osnovy funkcional'noj sistemologii material'nykh ob#ektov [Fundamentals of functional systemology of material objects]. M.: Nauka. 192.
13. Matorin S. I., Mihelev V.V. 2020. Analiz roli i struktury informacionnykh (konceptual'nykh) sistem [Analysis of the role and structure of information (conceptual) systems]. NTI. Seriya 2 [Scientific and technical information. Series 2]. 4.
14. Baader F., Calvanese D., McGuinness L., Nardi D. Patel-Schneider P. F. 2003. The Description logic handbook: theory, implementation, and applications. Cambridge University Press. 576.
15. Baader F., Sattler U. Expressive Number Restrictions in Description Logics. 1999. Journal of Logic and Computation. № 9(3): 319-350.