

## Анализ роли и структуры информационных (концептуальных) систем\*

*Исследуется природа информационных (концептуальных) систем средствами системно-объектного подхода. Делается вывод: иерархии концептуальных и материальных систем являются объектно-ориентированной системой, концептуальные системы которой представляют внешние системы (системы-классы), определяющие свойства конкретных объектов, а объекты – материальные или внутренние системы (системы-явления), осуществляющие реальные взаимодействия. Рассмотрены результаты формального описания иерархии концептуальных систем с учетом их взаимосвязи путем формализации средствами дескрипционной логики некоторых положений системно-объектного подхода. Описан синтаксис и семантика дескрипционной логики ALCOIQ и ее расширения до логики SHOIQ. В логику SHOIQ введены и формально описаны понятия объема и содержания концептуальной системы, которые расширяют системную теорию, основанную на системно-объектном подходе.*

**Ключевые слова:** информационные системы, системно-объектный подход, концептуальные системы, системы-классы, материальные системы, системы-явления, функциональный запрос, внешняя детерминанта, дескрипционная логика

**DOI:** 10.36535/0548-0027-2020-04-2

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в различных сферах человеческой деятельности широко используется понятие «*информационные системы*». Такие системы предназначены для хранения, поиска и обработки информации. Они включают соответствующие организационные ресурсы (человеческие, технические, финансовые и т. д.) и обеспечивают распространение информации (ISO/IEC 2382:2015 – «Information technologies. Vocabulary»). Названные информационные системы понимаются как материальные системы (т.е. реально, объективно существующие), организующие, хранящие и преобразующие информацию, основным предметом и продуктом труда в которых является информация. Таким образом, информация представляет собой ресурс, с которым работает информационная система.

Для понятия «*информация*» существует множество определений. Начиная от определения Н. Винера: «Информация — это не материя и не энергия, информация — это информация». И заканчивая определениями в международных и российских стандартах:

знания о предметах, фактах, идеях и т.д., которыми могут обмениваться люди в рамках конкретного контекста (ISO/IEC 10746-2:2009 – «Information technology. Open distributed processing. Reference model: Foundations. Part 2»); знания относительно фактов, событий, вещей, идей и понятий, которые в определенном контексте имеют конкретный смысл («Information technologies. Vocabulary»); сведения, воспринимаемые человеком и (или) специальными устройствами как отражение фактов материального или духовного мира в процессе коммуникации (ГОСТ 7.0-99 2000 – «Информационно-библиотечная деятельность, библиография. Термины и определения»).

При этом сама информация также может представлять систему (естественно информационную, не материальную), например, совокупность данных при определенных условиях, классификация, модель знаний, в том числе онтология. Важным примером для нашего исследования таких информационных систем являются *концептуальные схемы* как семантические сети из взаимосвязанных по определенным правилам понятий и концепций, или *концептуальные системы*, которые состоят из нефизических объектов, т. е. идей или концепций [1].

Важность изучения таких систем и разработки принципов, применимых и к материальным, и к кон-

\* Исследования поддержаны грантами РФФИ: №18-07-00355а, №19-07-00290а, № 19-07-00111а, 19-29-01047мк.

цептуальным системам, для построения общей теории систем, а также для преодоления пропасти, разделяющей естественные и гуманитарные науки, обоснована в работах [2, 3]. Кроме того, исследователями информационные (т.е. концептуальные) системы отождествляются с теоретическими объектами, вводимыми научными теориями, а также с ментальными сущностями или идеальными конструктами. В работе [4] отмечается, что ментальные сущности (идеальные конструкты) имеют референты в мире и эти референты являются принципиальные ненаблюдаемые свойства объектов реального мира. При этом в работе [5] утверждается, что принципиально не наблюдаемые референты – не просто конструкции нашего сознания, а объективно существующие свойства материальных объектов Мира; более того, они как бы составляют его становой хребет и «легче сдвинуть гору, чем один из них».

Однако в [4] подчеркивается, что современной наукой ещё не решены вопросы: Какова природа референта идеального конструкта (т.е. концептуальной системы)? и Что, собственно, он собой представляет? В настоящей работе предлагается вариант ответов на эти вопросы, полученный с применением информационного и системно-объектного подходов.

## ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМО-ОБЪЕКТНОГО ПОДХОДА

Наиболее существенной особенностью системно-объектного подхода является учет двух принципиально различных видов систем: *внутренних систем* (материальных систем по Акоффу) и *внешних систем* (концептуальных систем по Акоффу) [6]. Нами приняты термины «системы-явления» и «системы-классы» в соответствии с работой [7]. Средствами системно-объектного подхода показано (например, в работах [8, 9]), что оба пути образования систем (и внутренний, и внешний) соответствуют основным диалектическим принципам системного подхода: *целостности, системности, иерархичности и развития*, представленным в работе [10]. Кроме того, в [11] продемонстрировано, что основные известные общесистемные закономерности выполняются как для систем-явлений, так и для систем-классов. Таким образом, системно-объектный подход учитывает представления основоположников системных исследований о том, что «... роль общей теории систем в современной науке в значительной мере состоит в расширении необходимых онтологических представлений, что позволяет преодолеть онтологический предрассудок онтологической примитивности мира ...» [12, с. 184].

В связи с названной особенностью в рамках данного подхода система рассматривается как *функциональный объект или класс, функция или роль которого обусловлена функцией или ролью объекта или класса более высокого яруса* (т. е. надсистемы), что уточняет определение системы в работе [13].

Упомянутое в этом определении обусловливание функции системы функцией надсистемы рассматривается как функциональный запрос надсистемы на систему с определенной функцией, который представляет собой *внешнюю детерминанту* системы. Это есть причина возникновения системы, цель ее суще-

ствования и главный определитель ее структурных, функциональных и субстанциальных свойств. Таким образом, внешняя детерминанта системы рассматривается в качестве *универсального системообразующего фактора*.

Функционирование системы является ее *внутренней детерминантой*, так как непосредственно определяет внутреннее свойство этой системы (свойство подсистем). Соответствие внутренней детерминанты системы ее внешней детерминанте устанавливает между системой и надсистемой *отношение поддержки функциональной способности целого* [13].

## ТЕНДЕНЦИИ В ТРАКТОВКЕ СТАТУСА ИНФОРМАЦИОННЫХ (КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ) СИСТЕМ

Вопрос о роли и статусе информационных (концептуальных, не материальных) систем в реальной действительности – это и есть упомянутый выше вопрос о том, какова природа референта идеального конструкта, т.е. концептуальной системы, и что он из себя представляет. Этот вопрос ставится и обсуждается достаточно давно, и одна из его форм – это вопрос о статусе сознания, по сути дела представляющего собой сложную концептуальную систему.

Этим вопросом занимались, начиная еще с древней истории, представители различных течений философии, таких как метафизика, исследующая первоначальную природу реальности; телеология, объясняющая развитие мира с помощью конечных, целевых причин; онтология, изучающая наиболее общие категории и закономерности бытия.

В новейшей истории философия приходит к заключению, что сознание связано с видами реальности, не менее фундаментальными, чем физические поля. Например, в работе [14] утверждается, что редукция волнового пакета требует обращения к новой, несводимой к частицам и полям реальности, каким-то образом связанной с сознанием. В работах [15, 16] сознание рассматривается не как производное биологической материи, а в качестве полноправного структурного элемента физической реальности. Таким образом, философия, по сути дела, приходит к выводу, что концептуальные системы существуют также объективно, как и материальные.

Кроме того, аналогичные идеи высказывают и физики, например, в виде сильного антропного принципа, особенно в формулировке Дж. Уилера: «Наблюдатели необходимы для обретения Вселенной бытия». Очевидно, что имеется в виду сознательные наблюдатели, т.е. опять сознание, концептуальная система, которая должна объективно существовать. И хотя антропный принцип сам по себе многими учеными критикуется и соотносится не столько с физикой, сколько с метафизикой, его идея по своей сути тесно перекликается с упомянутой выше идеей философов об объективности концептуальных систем.

В системных исследованиях в соответствии с информационным подходом А.А. Денисова понятие «информация» рассматривается как парная категория по отношению к материи, как структура материи, не зависящая от ее специфических свойств, что также коррелирует с идеей объективности существования информации, т.е. концептуальных систем.

Эта идея хорошо согласуется также с утверждением В.И. Вернадского о том, что на планетарном уровне в настоящее время происходит процесс становления и развития ноосферы нашей планеты в результате закономерной «переработки» ее биосферы научной мыслью, рассматривающейся в качестве нового геологического фактора, небывалого еще в ней по мощности и по общности.

Наконец религиозные источники, со свойственной им категоричностью, утверждают, что «в начале было Слово» (в оригинале «Логос») [из Евангелие от Иоанна]. При этом под Логосом понимается и высшая сила, управляющая миром, и закон всемирного развития, а также наиболее глубинная, устойчивая и существенная структура бытия, наиболее существенные закономерности мира. В китайской философии вместо понятия «Логос» используется понятие «Дао», которое обозначает происхождение единственности и двойственности и, вместе с тем, начало мира и творение. Анализ этих понятий позволяет утверждать, что упомянутые источники предполагают их соответствие некоторым объективно существующим концептуальным системам.

Таким образом, существует явно выраженная тенденция рассматривать концептуальные системы объективно существующими в реальности наравне с материальными системами. В основном, правда, речь идет о концептуальных системах в форме общего или индивидуального сознания. Это, собственно, и вызывает множество сомнений и возражений в отношении объективности концептуальных систем в виде некоторого сознания. Однако, с точки зрения, системно-объектного подхода существует возможность рассматривать объективно существующие концептуальные системы сами по себе без привлечения термина «сознание».

## ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Кроме упомянутого выше соответствия концептуальных систем, представляющих системы-классы, системам-явлениям с точки зрения системного подхода, а также обоснования, например, в работах [8, 9, 11] возможности применения и к тем, и к другим всех положений системно-объектного подхода, необходимо все-таки рассмотреть некоторые особенности концептуальных систем как классов, являющихся системами (т.е. систем-классов).

Системность таких систем-классов обусловлена, в частности, тем, что каждый класс поддерживает функциональную способность класса более высокого яруса. Для наглядности приведем пример: классы «легковой автомобиль» и «грузовой автомобиль» функционально поддерживают класс «автомобильный транспорт» как виды автомобильного транспорта, т.е. являются системами (подсистемами системы «автомобильный транспорт»). Классы же, например, «зеленый автомобиль» и «синий автомобиль» формально также являются видами того же класса, но функционально автомобильный транспорт не поддерживают и, следовательно, системами (подсистемами) не являются. Аналогично для систем-явлений: двигатель как часть автомобиля функционально поддерживает автомобиль и является его

подсистемой. В то же самое время вырезанный из автомобиля кусок – тоже часть автомобиля, но функционально его не поддерживает и, следовательно, его подсистемой не является.

С точки зрения данного исследования важно подчеркнуть, что системы-классы образуют иерархическую структуру, обладающую некоторой особенностью, отличающей ее от иерархии систем-явлений. Эта особенность состоит в том, что иерархия систем-явлений, формируемая отношением часть-целое, не имеет верхней границы в соответствии с известным принципом бесконечности, а иерархия систем-классов, формируемая отношением род-вид, имеет верхнюю границу в соответствии с известным логическим законом обратного отношения объема и содержания понятий (классов) [7, 17]. Дело в том, что упомянутый закон требует уменьшения содержания, т.е. уменьшения количества информации, которое соответствует числу признаков, описывающих содержание класса, при увеличении объема класса, т.е. числа подклассов, входящих в класс. При этом содержание, естественно, может уменьшиться только до нуля. Это и обуславливает верхнюю границу иерархии систем-классов (концептуальных систем).

Названные особенности существенны для нашего исследования по той причине, что основные свойства любой системы (в том числе и системы-класса) определяются надсистемой (в данном случае надсистемой-классом), так как причиной существования системы в соответствии с системно-объектным подходом является функциональный запрос надсистемы. Т.е. причина наличия тех или иных свойств у системы определяется иерархией. При этом анализ иерархии систем-явлений в силу ее бесконечности не позволяет определить конечную причину наличия свойств системы, что противоречит принципу детерминизма. Анализ же иерархии систем-классов позволяет определить конечную причину наличия свойств системы в силу конечности этой иерархии. Таким образом, иерархия систем-классов, не противоречащая положению о бесконечности мира (по объему классов), не противоречит, при этом, принципу детерминизма, так как однозначно указывает на исходную причину существования конкретной системы [7, 9].

Эти обстоятельства являются дополнительным аргументом в пользу упомянутых выше идей об объективном существовании концептуальных систем. Однако с точки зрения системно-объектного подхода эти системы существуют не в виде какого-либо сознания, а в виде иерархии систем-классов (классов, являющихся системами) с одной вершиной.

Кроме того, вхождение всего существующего в одну Надсистему обнаруживается в результате сопоставления некоторых известных общесистемных закономерностей, исследованных еще А.А. Богдановым [18]. Например, *принципа организационной непрерывности*, констатирующего факт наличия между всякими двумя системами звеньев, вводящих их в одну «цепь ингрессии», и *принципа моноцентризма*. Нами в работе [19] доказано, что первый из названных принципов справедлив только при выполнении второго на глобальном уровне.

Следовательно, реальная действительность является объектно-ориентированной системой, классы которой представляют внешние (по Шрейдеру) или концептуальные (по Аофффу) системы (т.е. системы-классы), определяющие свойства объектов, а объекты – внутренние (по Шрейдеру) или материальные (по Аофффу) системы (т.е. системы-явления), осуществляющие реальные взаимодействия.

Учет особенностей иерархии систем-классов (концептуальных систем) необходим, например, при моделировании понятийных знаний для обеспечения адекватности концептуальных моделей этих знаний реальной действительности. Только в случае такого учета модели понятийных знаний становятся моделями, отражающими системность реальной действительности, что существенно при решении задач классифицирования и создании классификаторов.

Содержательно эти особенности исследовались в [20, 21], из которых следует, что на самом верхнем уровне иерархии концептуальных систем находятся системы-классы двух видов: классы (системы-классы) системных компонент или *объекты-классы* и классы (системы-классы) свойств, т.е. *свойства-классы*. При этом последние также существуют в двух видах: свойства-классы объектов (*свойства объектов*) и свойства-классы свойств (*свойства свойств*). В работе [22] такая иерархия описана средствами математического аппарата теории категорий. Однако данное описание никак не обосновывает ее свойств и не учитывает содержательных особенностей.

Для дальнейшего изучения свойств иерархии систем-классов с целью совершенствования существующих и создания новых классификаторов (классификационных систем), представляющих важный вид концептуальных моделей понятийных знаний, необходимо обосновать свойства этой иерархии систем-классов формальными средствами с учетом ее содержательных особенностей. Для решения такой задачи в нашем исследовании используются средства дескрипционной логики.

## ОСОБЕННОСТИ ДЕСКРИПЦИОННОЙ ЛОГИКИ

Дескрипционная логика (ДЛ) – это язык представления знаний для описания понятий предметной области в недвусмысленном, формализованном виде. Любая дескрипционная логика имеет синтаксис и семантику. Базовыми синтаксическими элементами языка дескрипционной логики являются атомарные концепт и роль, соответствующие одноместному и двуместному предикатам языка математической логики. Концепты применяются для описания классов, роли – для описания отношений между концептами. Концепты и роли позволяют описывать понятия и их свойства [23]. Одной из базовых дескрипционных логик является ДЛ ALC [23, 24] Синтаксис логики ALC представлен ниже в краткой форме.

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

Символы  $\top$  и  $\perp$  – концепты (называются истина и ложь).  $A$  – атомарный концепт,  $C, D$  – произвольные концепты.  $R$  – атомарная роль.

Семантика ДЛ описывается с помощью понятия «интерпретация», которая представляет пару  $I = (\Delta, I)$ , состоящую из непустого множества  $\Delta$ , называемого областью этой интерпретации, и интерпретирующей функции  $I$ , которая сопоставляет:

1) Каждому атомарному концепту  $A \in CN$  – произвольное подмножество  $A^I \subseteq \Delta, CN$  – множество всех концептов;

2) Каждой атомарной роли  $R \in RN$  – произвольное подмножество  $R^I \subseteq \Delta \times \Delta, RN$  – множество всех ролей.

В теориях, описывающих базы знаний, различаются общие знания о понятиях и их взаимосвязях, которые выражаются с помощью утверждений общего вида – терминологий, или аксиом, а также знания об индивидуальных объектах, их свойствах и связях с другими объектами – утверждения об индивидах. В ДЛ выделяют набор терминологических аксиом, называемый  $TBox$ , и набор утверждений об отношениях и свойствах индивидов –  $ABox$ . Вместе они образуют базу знаний, или онтологию  $K = TBox \cup ABox$ .

Приведем пример предметной области, описываемой  $ABox$  и  $TBox$ :

$$ABox = \left\{ \begin{array}{l} \text{Мужчина(Джон);} \\ \text{Женщина(Мария);} \\ \text{Любит(Джон, Мария);} \\ \text{Женатый(Джон, Мария);} \end{array} \right\}$$

$$TBox = \left\{ \begin{array}{l} \text{Бакалавр} = \neg \exists \text{Женатый} \sqcap \text{Человек;} \\ \exists \text{Женатый} \sqsubseteq \text{Счастлив;} \\ \exists \text{Женатый.Женщина} \sqsubseteq \exists \text{Любит.Женщина;} \\ \text{Человек} = \text{Мужчина} \sqcup \text{Женщина;} \end{array} \right\}$$

Далее  $TBox$ , для наглядности, на естественном русском языке:

$$TBox = \left\{ \begin{array}{l} \text{Бакалавр - это неженатый человек;} \\ \text{Все женатые люди - счастливы;} \\ \text{Женатый на женщине также любит её;} \\ \text{Мужчина или женщина это человек;} \end{array} \right\}$$

Расширение логики ALC до ALCOIQ представлено в [25]. Здесь вводятся следующие расширения:

- номиналы ( $O$ ) – представление индивида в виде концепта. Если  $a$  – индивид, то  $\{a\}$  – концепт. Тем самым индивидуальные имена, заключенные в фигурные скобки, становятся полноправными концептами;
- обратные роли ( $I$ ). Если  $R$  – атомарная роль, то  $R^-$  является обратной ролью;
- численные ограничения ( $Q$ ).

Каждый новый символ обозначения логики означает некоторое её расширение. Когда эти расширения используются по отдельности, говорят, что

получается семейство логик  $ALC \subseteq L \subseteq ALCOIQ$ .  $L$  – Логика, лежащая в интервале, принадлежащая данному семейству.

## ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИЕРАРХИИ СИСТЕМ-КЛАССОВ С ПОМОЩЬЮ ДЕСКРИПЦИОННОЙ ЛОГИКИ

С помощью дескрипционной логики (ДЛ) можно определить концепты для объектов-классов, при этом роли в ДЛ будут соответствовать свойствам-классам. Однако для описания иерархии ролей выразительности логики  $ALCOIQ$  недостаточно. Для решения задачи построения иерархии концептуальных систем воспользуемся ДЛ  $SHOIQ$  [23]. Она расширяет  $ALCOIQ$  и имеет аксиомы для ролей  $RBox$  (по аналогии с  $TBox$  и  $ABox$ ), что позволяет описывать иерархию ролей как систем-классов. Логика  $ALCOIQ$  расширяется следующими пунктами:

1. Иерархия ролей ( $H$ ): допускаются аксиомы вида  $R \sqsubseteq S$ , где  $R, S$  – произвольные роли. При этом говорят, что  $R$  является подролью  $S$ , а  $S$  – надролью  $R$ .

2. Транзитивные роли ( $S$ ): допускаются аксиомы вида  $Tr(R)$  или  $R^*$ , где  $R$  – произвольная роль,  $R^*$  – транзитивная роль.

В дескрипционной логике  $SHOIQ$  к  $TBox$  и  $ABox$  добавляются аксиомы для ролей  $RBox$   $R$ , т.е. база знаний  $K = TBox \cup ABox \cup RBox$ .

Однако для обоснования структуры иерархии концептуальных систем необходимо расширить логику  $SHOIQ$  путем формального введения в нее понятий «объем» и «содержание» системы-класса.

**Объем системы-класса** ( $Vol$ ) составляет совокупность видовых систем-классов, входящих в систему-класс, являющуюся для них родовой.

**Содержание системы-класса** ( $Cont$ ) включает надсистему-класс (родовой класс), а также совокупность отличительных признаков (ролей в надсистеме) этой системы-класса.

Опишем данные понятия средствами ДЛ. Содержание системы-класса выражается через роль, поддерживающую функциональную способность надсистемы-класса, а также через саму надсистему-класс:

$$Cont(S_{ij}^l) = S_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_j}^l,$$

где  $i = \overline{0, N}$ ,  $i$  – номер яруса иерархии;

$l, j, l_j, p_j$  – номера внутри одного яруса иерархии.

Роли также являются системами-классами. Следовательно, тоже обладают содержанием (свойства/свойств):

$$Cont(RS_{ij}^l) = RS_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_j}^{k_j},$$

где  $i = \overline{0, N}$ ,  $i$  – номер яруса иерархии;

$l, j, k_j, p_j$  – номера внутри одного яруса иерархии.

Понятие объема системы-класса можно описать с помощью операции объединения концептов:

$$Vol(S_{ij}^l) = S_{i+1,1}^j \sqcup S_{i+1,2}^j \sqcup \dots \sqcup S_{i+1,\bar{N}_i}^j,$$

причем,  $S_{i+1,p}^j \sqsubseteq S_{ij}^l, p = \overline{1, \bar{N}_i}$ .  $\bar{N}_i$  – количество узлов  $i$ -уровня иерархии.

Рассмотрим возможность создания формальной модели иерархии систем-классов (концептуальных систем) средствами дескрипционной логики, описывающей системные взаимоотношения между классами. В соответствии с системным (системно-объектным) подходом система рассматривается и как явление (материальный объект), и как класс (концептуальная система), функция или роль которого обусловлена функцией явления или ролью класса более высокого яруса (т.е. надсистемой-явлением или надсистемой-классом). Формализованное описание такого понимания системы с использованием обозначений, принятых в дескрипционной логике, выглядит следующим образом:

$$S_i = [S_{i-1}; RS_i \sqsubseteq RS_{i-1}] \quad (1)$$

В выражении (1) представлено формальное описание системы в соответствии с правилами исчисления объектов Абади-Кардели, где  $\forall S_i \exists RS_i$  и  $S_{i-1}$  – система-класс для указания на систему-класс (узел) более высокого яруса иерархии  $S_i$ ;  $RS_i \sqsubseteq RS_{i-1}$  – метод, соответствующий роли (функции) системы  $S_i$  в надсистеме  $S_{i-1}$ .  $RS_i$  – это функциональная роль (свойство-класс), поддерживающая функциональную способность надсистемы-класса (концепта).

Принцип моноцентризма, исследованный А.А. Богдановым, утверждает: устойчивая система «будет характеризоваться единым центром, а если она представляет из себя сложную, цепную, то она имеет один высший, общий центр» [18]. Этот принцип является следствием иерархической упорядоченности систем, в нашем случае – иерархической структуры родовидовых отношений между системами-классами (концептуальными системами).

Далее предлагаются утверждения, обосновывающие этот принцип, и, в целом, структуру взаимоотношений концептуальных систем.

**Утверждение 1.** Если система-класс является видом системы-класса более высокого яруса и свойства (свойства-классы) системы-класса также являются видом свойств (свойств-классов) системы класса более высокого яруса, то данная иерархия имеет один корень.

Пусть существуют системы-классы  $S_{ij}^l$  и  $RS_{ij}^l$ , где  $i$  – номер яруса иерархии,  $j$  – порядковый номер узла в ярусе,  $l$  – порядковый номер надсистемы в ярусе. В терминах дескрипционной логики  $SHOIQ$ , расширенной понятиями «объем» ( $Vol$ ) и «содержание» ( $Cont$ ) системы-класса:  $S_{ij}^l$  – концепт,  $RS_{ij}^l$  – роль (функциональная роль). Допустим, что существуют

системы-классы (потомки)  $S_{i+1,p}^j$ , входящие в  $S_{ij}^l$ , т.е.  $\exists S_{i+1,p}^j \subset S_{ij}^l : p = \overline{1, N}$ . Пусть существуют системы-классы (свойства-классы)  $RS_{i+1,p}^j$ , входящие в  $RS_{ij}^l$ ,  $\exists RS_{i+1,p}^j \subset RS_{ij}^l : p = \overline{1, N}$ . Опишем фрагменты  $TBox$  и  $RBox$  в виде выражения:

$$TBox = \left\{ \begin{array}{c} \dots \\ S_{i+1,1}^j \subset S_{ij}^l \\ \dots \\ S_{i+1,N}^j \subset S_{ij}^l \\ \dots \end{array} \right\}; \quad RBox = \left\{ \begin{array}{c} \dots \\ RS_{i+1,1}^j \subset RS_{ij}^l \\ \dots \\ RS_{i+1,N}^j \subset RS_{ij}^l \\ \dots \end{array} \right\} \quad (2)$$

Это выражение в графическом виде представлено на рис. 1.

Из (1) известно, что свойства-классы (функциональные роли) поддерживают функциональную способность надсистемы  $S_{ij}^l$ . Следовательно, каждая система-класс должна иметь поддерживающие, функциональные роли, определяющие ее назначение. В свою очередь  $RS_{i+1,p}^j$  также является системой-классом и видом  $RS_{ij}^l$ .  $RS_{ij}^l$  – надсистема-класс, т.е. она должна обладать поддерживающими признаками (свойства-свойств). Опишем систему-класс  $S_{i,j}^l$  в терминах логики *SHOIQ*. Получим составной концепт, который можно описать с помощью операции пересечения:

$$S_{i,j}^l \subset S_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_j}^j,$$

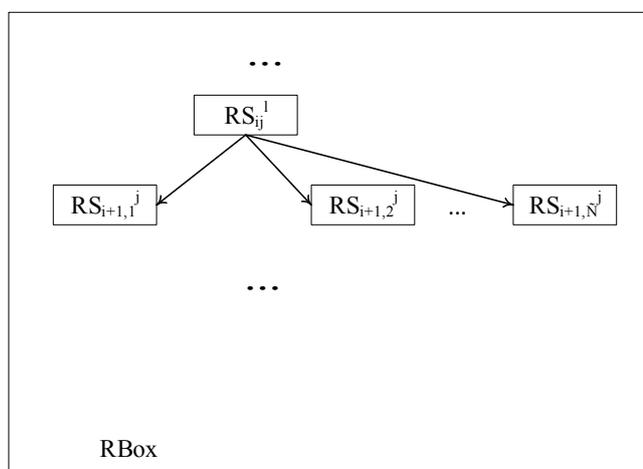
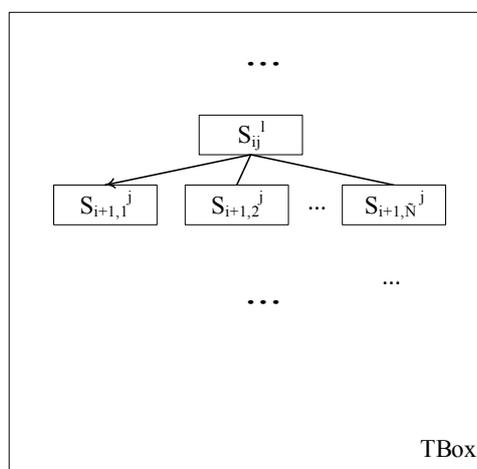


Рис. 1. Иерархическая структура  $TBox$  и  $RBox$

где  $l_j$  – порядковый номер надсистемы-класса (свойства-класса), по отношению к  $S_{i,j}^l$ ;

$p_j$  – порядковый номер системы-класса в ярусе, по отношению к  $S_{i,j}^l$ .

Уточним приведенное ранее выражение в соответствии с определением системы (1). В результате получим выражение:

$$TBox = \left\{ \begin{array}{c} \dots \\ S_{i,1}^l \subset S_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_1}^l \\ S_{i,2}^l \subset S_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_2}^l \\ \dots \\ S_{i,N}^l \subset S_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_N}^l \\ \dots \end{array} \right\};$$

$$RBox = \left\{ \begin{array}{c} \dots \\ RS_{i,1}^l \subset RS_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_1}^{k_1} \\ RS_{i,2}^l \subset RS_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_2}^{k_2} \\ \dots \\ RS_{i,N}^l \subset RS_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_N}^{k_N} \\ \dots \end{array} \right\}$$

На рис. 2. это выражение представлено в графическом виде.

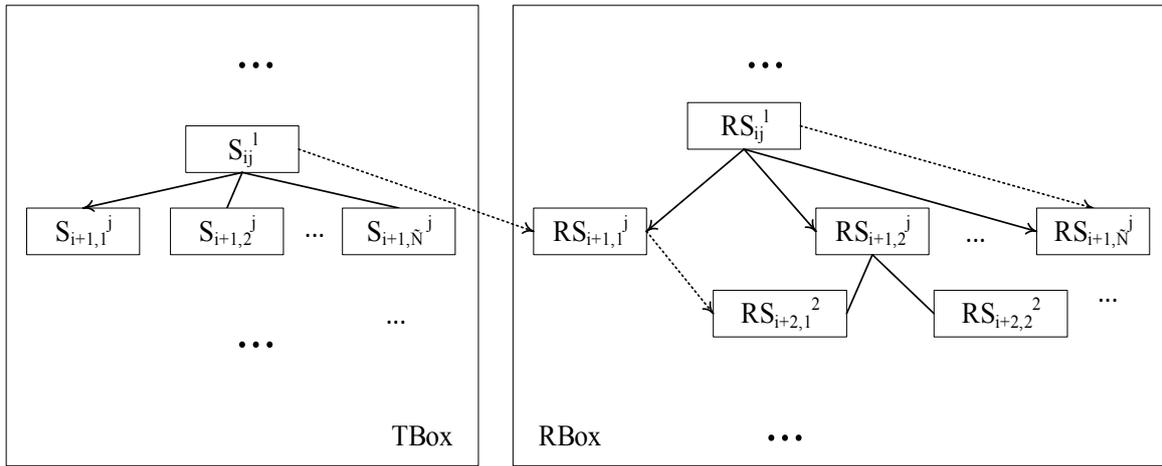


Рис. 2. Иерархическая структура систем-классов, где  $RS_{ij}^1$  – роль  $S_{ij}^1$

Как отмечалось ранее, системы-классы должны иметь видовые признаки (свойства-классы), отличные от родовых, что необходимо для построения последующих ярусов иерархии и соотносится с логическим законом обратного отношения объема и содержания [22] в соответствии которым система-класс, наследуемая от текущей системы-класса, должна обладать большим количеством видовых признаков, т.е. большим содержанием  $Cont(S_{ij}^l) \sqsubset Cont(S_{i+1,p}^l)$ , но меньшим объемом  $Vol(S_{ij}^l) \supset Vol(S_{i+1,p}^l)$ . При применении закона целиком, ко всей иерархии систем, должны выполняться следующие соотношения:

$$Vol(S_{0,p_0}) \supset \dots \supset Vol(S_{i-1,p_k}^{P_{k-1}}) \supset Vol(S_{i,p_{k+1}}^{P_k}) \supset Vol(S_{i+1,p_{k+2}}^{P_{k+1}}) \supset \dots \quad (3)$$

$$Cont(S_{0,p_0}) \sqsubset \dots \sqsubset Cont(S_{i-1,p_k}^{P_{k-1}}) \sqsubset Cont(S_{i,p_{k+1}}^{P_k}) \sqsubset Cont(S_{i+1,p_{k+2}}^{P_{k+1}}) \sqsubset \dots \quad (4)$$

Из (3) следует, что если двигаться по ярусам, то каждая родительская система-класс должна иметь меньшее количество признаков, чем текущая, следовательно, иметь больший объем, а из (4) следует, что уменьшается количество признаков до предельного состояния, при котором содержание является наиболее полным и  $k=0$ ,  $p_0=0$ . При этом мы можем говорить о корневой системе-классе  $S_0$ , что подтверждает единство вершины классификационной схемы и Утверждение 1 (рис. 3).

**Утверждение 2.** Корень иерархии систем классов делится на системы-классы, представляющие объекты-классы и свойства-классы.

Пусть существует корневая система-класс  $S_0$ , которая не имеет родителей. Допустим, что она имеет двух потомков (системы-классы)  $S_{11}^0$  и  $RS_{11}^0$ .

$$S_{11}^0 \sqsubset S_0; RS_{11}^0 \sqsubset S_0.$$

$$\text{Объем } Vol(S_0) = S_{11}^0 \sqcup RS_{11}^0.$$

Содержание  $Cont(S_0) = RS_{11}^0$ , где  $RS_{11}^0$  – система-класс, включающая все поддерживающие признаки предметной области, т.е. являющаяся функциональной ролью. В работе [21]  $RS_{11}^0$  – предельно широкая роль, соответствующая классу «свойство». Кроме того, это соотносится с работой Мельникова [13], где описывается разделение свойств на граничные и качественные, что можно соотнести с нашими рассуждениями. Справедливо заметить, что в этом случае также будут выполняться соотношения (3) и (4). Это подтверждает структуру иерархии концептуальных систем и Утверждение 2.

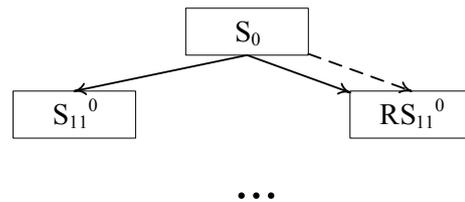


Рис. 3. Корень иерархии систем классов

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходная причина существования систем и наличия у них определенных свойств обусловлена иерархией концептуальных или внешних систем (систем-классов). Таким образом, реальная действительность является объектно-ориентированной системой, классы которой представляют концептуальные (внешние) системы-классы, определяющие свойства объектов, а объекты – материальные (внутренние) системы-явления, осуществляющие реальные взаимодействия.

Понятия системно-объектного подхода «система-класс» и «свойство-класс» однозначно сопоставляются с понятиями дескрипционной логики. Синтаксис и семантика дескрипционной логики *ALCOIQ* и ее ориги-

нального расширения *SHOIQ* позволяют обосновать структуру иерархии систем-классов и обязательность выполнения принципа моноцентризма для концептуальных систем. Введение понятий «объём» и «содержание» систем-классов и описание их средствами дескрипционной логики расширяет системную теорию, основанную на системно-объектном подходе.

Полученные результаты в перспективе позволят совершенствовать существующие и создавать новые классификаторы (классификационные системы), являющиеся важным видом концептуальных моделей понятийных знаний.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Общая теория систем. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Общая\\_теория\\_систем](https://ru.wikipedia.org/wiki/Общая_теория_систем) (дата обращения 22.02.2020).
2. 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. – New York; London: Wiley, – 1964. – P. 51-60.
3. Дубровский В.Я. К разработке системных принципов: общая теория систем и альтернативный подход. – URL: <http://gtmarket.ru/laboratory/expertize/6566> (дата обращения 22.02.2020).
4. Пугачев Н.Н. Теория, онтология и реальность. – Воронеж: Изд-во Воронежск. ун-т, 1991. – 144с.
5. Лифшиц М. Об идеальном и реальном // Вопросы философии. – 1984. – № 10. – С. 120-145.
6. Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. Системы и модели. – М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.
7. Маторин С.И., Соловьева Е.А. Детерминантная модель системы и системологический анализ принципов детерминизма и бесконечности мира // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 1996. – № 8. – С. 1-8.
8. Бондаренко М.Ф., Маторин С.И., Соловьева Е.А. Анализ системологического инструментария концептуального моделирования проблемных областей // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 1996. – № 4. – С. 1-11.
9. Маторин С.И., Жихарев А.Г. Системный подход к классам объектов // Сборник трудов 8-й Международной конференции «Системный анализ и информационные технологии (САИТ)». – М.: ФИЦ ИУ РАН, 2019. – С. 244-249.
10. Гвишиани Д. М. Материалистическая диалектика – философская основа системных исследований // Системные исследования: Ежегодник, 1979. – М.: Наука, 1980. – С. 7-28.
11. 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.
12. Шрейдер Ю. А. Теория познания и феномен науки // Гносеология в системе философского мировоззрения. – М.: Наука, 1983. – С.173-193.
13. Мельников Г. П. Системология и языковые аспекты кибернетики. – М.: Советское радио, 1978. – 368 с.
14. Гриб А.А. Фон-Неймановская интерпретация квантовой механики и проблема сознания // Философия и развитие естественно-научной картины мира. – Л., 1981. – С. 75-83.
15. Лифшиц М. Об идеальном и реальном // Вопросы философии. – 1984. – № 10. – С. 120-145
16. Велихов В.П., Зинченко В.П., Лекторский В.А. Сознание: Опыт междисциплинарного подхода // Вопросы философии. – 1988. – № 11. – С. 21.
17. Кондаков Н.И., Горский Д.П. Логический словарь. – М.: Наука, 1971. – 656 с.
18. Богданов А.А. Тектология: всеобщая организационная наука. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Экономика, 1989. – 304 с.
19. 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.
20. Маторин С.И. Системологическое исследование структуры системы категорий // Научно-техническая информация. Сер.2. – 1997. – № 3. – С. 3-7.
21. Маторин С.И., Зимовец О.А., Щербинина Н.В., Сульженко Т.С. Концепция формализованной теории систем, основанной на подходе «УЗЕЛ–ФУНКЦИЯ–ОБЪЕКТ» // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. – 2016. – № 16(237), Вып.39. – С. 159-166.
22. Соловьева Е.А., Ельчанинов Д.Б., Маторин С.И. Применение теории категорий к исследованию и моделированию естественной классификации // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 1999. – № 3. – С. 1-7.
23. Schmidt-Schauss M., Smolka G. Attributive concept descriptions with complements // Artificial Intelligence. Elsevier Science Publishing Company, Inc. – 1991. – № 48 (1). – P. 1-26.
24. 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.
25. Baader F., Sattler U. Expressive Number Restrictions in Description Logics // Journal of Logic and Computation. – 1999. – № 9(3) – P. 319-350.

*Материал поступил в редакцию 24.02.20.*

## Сведения об авторах

**МАТОРИН Сергей Игоревич** – доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора по науке и инновациям ЗАО «СофтКоннект», г. Белгород  
e-mail: [matorin@softconnect.ru](mailto:matorin@softconnect.ru)

**МИХЕЛЁВ Владимир Владимирович** – аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета (НИУ «БелГУ»)   
e-mail: [keeper121@ya.ru](mailto:keeper121@ya.ru)