

УДК 004.622

СИСТЕМНО-ЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ФОРМАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ИССЛЕДУЕМОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ КАТЕГОРИЙ ДИАЛЕКТИКИ И ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫХ МЕТОДОВ

Г. Г. Куликов¹, Т. П. Злобина², С. Ф. Бабак², Д. Г. Шамиданов³

¹gennadyg_98@yahoo.com, ²ugatu_asu@mail.ru, ³shamidanow@gmail.com

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступила в редакцию 01.06.2017

Аннотация. Рассматривается системно-лингвистический подход к проектированию формальных моделей исследуемой предметной области на основе категорий диалектики и теоретико-множественных методов. Показано, что данный подход позволяет повысить степень структурной адекватности модели за счет выявления и более полного описания причинно-следственных связей. Рассматривается возможность установления соответствия между моделями бизнес-процессов и причинно-следственными связями между объектами исследуемой предметной области. Показано сравнение процесса составления правил структурирования объектов предметной области в соответствии с уровнями иерархии Хомского.

Ключевые слова: системный подход; теория категорий; принцип причинности; терминальные мета-языки.

ВВЕДЕНИЕ

При создании сложных технических объектов применяются многофункциональные системные модели знаний о предметной области (ПО) [1]. Известно, что системные знания о ПО базируются на общих философских законах, отраженных в категориях диалектики. Разработанные в материальной диалектике принципы и законы явились основой системной методологии и утверждения системного метода познания [2–6] в форме «Инженерной диалектики». В системном подходе во всем многообразии воплотились идеи теории диалектики. Они дали определенный импульс и в развитии формальных математических методов, таких как формальная логика, теория множеств, теория категорий, математическая лингвистика и др. Диалектика в логической форме дает возможность рассмотреть, изучить путь развития какого-либо объекта, с учетом множества его подобъектов и их предметного содержания в исследуемой предметной области, как части реального мира.

Диалектика обобщает опыт многих наук и представляет собой систему категорий, сама создает и поддерживает принципы своего существования. Категории диалектики в своем единстве отражают общие законы развития мира: они объективно содержательны и логически функциональны, являются одновременно и теорией познания, и логикой. Диалектика – это та научная система, в которой важное место занимают принципы формальной логики: определенность, доказательность, ясность, последовательность, непротиворечивость. Она имеет объективное содержание, т.к. отражает закономерности реального мира.

АЛГОРИТМ ПЕРВОГО ЭТАПА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМНОЙ МОДЕЛИ ИССЛЕДУЕМОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ В СООТВЕТСТВИИ С ЛОГИКОЙ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОЙ КАТЕГОРИИ ДИАЛЕКТИКИ

Закономерный характер имеет одна из форм всеобщей связи – причинно-следственная, т.к. в природе, обществе, мышлении все обусловлено конкретными причинами. Она определяет структуру явления в объекте или между объек-

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №16-37-00064 мол_а.

тами, его появление, изменение или исчезновение в различных аспектах, сечениях, срезах и т.д. Причинно-следственная связь имеет многообразный, объективный характер и может проявляться через отношения, соответствия, отображения и др. Категория причинно-следственности является одной из основных категорий научного исследования.

Принцип причинности означает, что все природные и общественные явления и процессы детерминированы, упорядочены. Принцип детерминизма (повторяемости) лежит в основе научного познания мира, объяснения явлений в объектах (их предметное содержание) и между объектами. Согласно диалектическому материализму, причиной называется то явление, которое при определенных условиях с необходимостью вызывает другие явления или обуславливает в нем изменения. Следствие – это явление, которое порождается или изменяется под действием определенной причины в объекте или между объектами, связь между причиной и следствием закономерна и универсальна. Таким образом, все множество явлений исследуемой ПО классифицируется на явления-причины и явления-следствия, и проявляются только при взаимодействии.

Отметим, что понятие явления предполагает и наличие среды, в которой происходит взаимодействие в объекте или между объектами. В действительности нет беспричинных явлений. Между причиной и следствием существует глубокая логическая связь – всеобщая. Все имеет свои естественные причины. Но причинная связь не единственная. С ней связаны формы связей, которые отражаются такими категориями, как форма и содержание, возможность и действительность, необходимость и случайность и др. Причинно-следственная связь – это одно, но необходимое звено во взаимодействии явлений в процессах. Характерной особенностью причинно-следственной связи является ее необходимость, т.е. данная причина при определенных условиях вызывает определенное следствие. Основным свойством причинно-следственной связи является ее объективная (обязательная) последовательность во времени. В целом причинно-следственные связи определяются основным правилом логики «Если это, то...». Проблема причинно-следственной связи была решена Гегелем; он предложил свою концепцию: причина и следствие находятся в диалектическом взаимодействии. Причина – это активная субстанция (внешняя по отношению к объекту), которая воздействует на пассивный

материальный объект (на его внутреннее состояние), вызывает в нем изменение и превращает его во внешнее следствие. При этом следствие не является инертным, оно, в свою очередь, оказывает противодействие. Следствие превращается из пассивного начала (внутреннего состояния объекта) в активное и снова выступает как причина. По своему характеру причинные связи могут быть разнообразными. Они могут быть прямыми и опосредованными. Различаются внутренние и внешние причины. Внутренняя причина – это взаимодействие внутренних свойств, частей, тенденций данного явления. Внешняя причина – это воздействие одного объекта на другой. Причиной является не одностороннее воздействие одного предмета на другой, а взаимодействие двух и более элементов, входящих в материальное образование. В любом взаимодействии необходимо выделить основное, определяющее, выявить причинную связь. Причина и следствие в единстве образуют причинно-следственную цепь, в которой могут меняться местами: в одной связи данное звено может являться причиной, в другом – следствием, данная причина вызывает следствие, само оно становится причиной нового следствия и так далее. По времени причина всегда предшествует следствию (хотя иногда это измеряется долями секунды), но не всякое явление предшествующее другому, является его причиной. Следование во времени не является достаточным признаком причины. Причинная зависимость может быть лишь тогда, когда одно явление не только предшествует другому, но и с неизбежностью определяет его. Следование одного явления за другим не является единственным признаком причинной связи, хотя он необходим. «После этого» не означает «По причине этого». Не все, что было раньше этого возможно случайного явления, будет его причиной. Использование всех имеющихся современных знаний о причинных взаимодействиях позволяет сделать вывод о том, что все явления непосредственно или опосредованно ответственны друг другу, все в мире взаимосвязано. В практической деятельности специалистов возможно установить основные причины (или причину), способные вызвать необходимые следствия. Связь между причиной и следствием может иметь не только необходимый, но и случайный характер. В таком случае и следствие будет случайным. Причинные основания при случайной связи причины и следствия допускают возможность появления одного из множества альтернативных следствий. Случайное следствие (собы-

тие) может произойти, а может и не быть. Из большого количества различных причин, подчас неизвестных, воздействуют на объект некоторые, неопределенные, и таким образом вызывается неожиданное, случайное следствие.

Самые сложные причинно-следственные связи имеют самоорганизующиеся системы, в которых взаимодействия между объектами и в самих объектах обусловлены их предыдущими состояниями, развитием и воздействием различных внешних факторов. Учитывая многообразие причин, необходимо выделить главные, решающие, это позволит найти в цепи явлений, событий основное звено и даст возможность решить стоящие проблемы.

Данные принципы диалектического анализа позволяют определить исследуемые ПО как системы и провести их анализ и синтез с применением методов общей теории систем [7].

На основании рассмотренных теоретических положений можно сформировать алгоритм первого этапа проектирования системной модели исследуемой ПО в соответствии с логикой причинно-следственной категории диалектики и общей теории систем.

1. Анализ предметной области с целью выявления множества объектов, явлений и причинно-следственных связей в форме категории множеств.

2. Классификация явлений в объектах и формирование подмножества причинно-следственных связей, определяющих внешнее взаимодействие объектов через их внутреннее состояние.

3. Формирование категорий объектов на основе анализа однотипности классов причин и следствий.

4. Формализованное представление системной модели ПО в форме категорной модели в графо-аналитическом виде на естественном языке в различных аспектах.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМНОЙ МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Широкое применение информационных технологий определяет необходимость математической (логической и количественной) формализации диалектических категорий для исследования множества конкретных предметно-ориентированных областей. Основой построения системных моделей как категорий знаний для различных предметно-ориентированных областей являются формализованные предмет-

но-ориентированные метаязыки [8, 9], которые, по сути, являются также диалектической категорией с объективными адекватными причинно-следственными связями и подчиняющимся общим законам формальной логики. В таких метаязыках синтаксические правила адекватно отражают структуры исследуемых предметных областей. Законы диалектики представляются как системы аксиом, определяющие истинность знаний об идентифицируемых объектах и их причинно-следственных связях в исследуемой и предметной области, то есть семантику. При этом должна определяться также цепочка причинно-следственных связей между метаязыками, их синтаксисом, семантикой и знаниями о предметной области. Например, для информационной деятельности это может быть: Естественный метаязык (ЕЯ); Графический метаязык (ГЯ); Графоаналитический метаязык (ГАЯ); Математический метаязык (МЯ); метаязык программирования (ПЯ) и т.д. Определим соответствие между ЕЯ представления причинно-следственной категории, ее подкатегорий и формализованным графоаналитическим языком (ФГАЯ) в рамках математической теории категорий. В качестве примера определим соответствие между ЕЯ представления причинно-следственной категории (ее подкатегорий) и формализованным графоаналитическим языком (ФГАЯ) в аспекте формального языка математической теории категорий. Для исследования решаемой проблемы определим две категории: предметно-ориентированный формальный метаязык (ПОФМЯ); исследуемую предметную область (ИПО), как область (множество) причинно-следственных связей между реальными объектами. Очевидно, что свойства идентифицируемых объектов и их причинно-следственных связей в ПОФМЯ и в реальной ПО должны быть тождественны.

В [10] формальный язык определяется как множество символов (также называемого алфавитом) и множества правил вывода (также называемого формальной грамматикой), которые определяют, какие строки символов являются правильно построенными формулами (схемами). При добавлении правил преобразования и принятии некоторых предложений за аксиомы (что вместе называется дедуктивной системой), формируется логическая система – интерпретации, то есть задание смысла ее символам и значений истинности ее предложениям.

В нашем примере на основе семантического (логического) анализа исследуемой предметной области определим его словарный базис (как

терминальный алфавит) категории формального языка для описания причинно-следственной категории:

$A_T = \{\text{объект; явление, причина; следствие; система; функция; утверждение; метод; случайность; субстанция; внутреннее; внешнее...}\}$.

Определим словарь для нетерминальной части алфавита:

$W_T = \{\text{категория; среда, предметная область...}\}$. Далее можно составить правила синтаксиса и семантики, соответствующие исследуемой ПО [11].

ПРИМЕНЕНИЕ ФОРМАЛЬНОГО ЯЗЫКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ КАТЕГОРИИ МНОЖЕСТВ И ЕГО СООТВЕТСТВИЕ ЯЗЫКУ СТРУКТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ IDEF ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМНОЙ МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Для обоснованного выбора формальных метаязыков из множества существующих, воспользуемся классификацией порождающих контекстных метаязыков Хомского. Выберем два языка: математический язык теории категорий множеств [12] и метаязык структурного анализа *SADT IDF*. Первый обладает семантикой, близкой к алгебраическим структурам, и позволяет исследовать ПО в форме логико-семантических моделей. Покажем это, для чего введем терминальные символы $Об_j$, ($j = n_1, \dots, n$) для обозначения объектов. Для обозначения связей между ними используем терминальный символ морфизма $Hom_{i,j}$ ($i, j = 1, \dots, n, m$). Для отображения линейных логико-структурных связей между объектами $Об_j$ и классификации их как элементов причинно-следственных связей используем следующие синтаксические правила.

- Для каждой пары объектов A, B задается множество морфизмов $Hom_c(A, B)$;

Примечание: предположим, что морфизмы классифицированы по признаку «аспект исследуемой предметной области».

- Для пары морфизмов $f < Hom(A, B)$ и $g < Hom(B, C)$ определена композиция до $f_0g < Hom(A, C)$.

Примечание: действует для выбранного аспекта.

- Для каждого объекта A задан тождественный морфизм $id_A = Hom(A, A)$, для которых выполняются аксиомы.

- Операция композиции ассоциативна: $h_0(q_0f) = (h_0q)_0f$

- Тождественный морфизм действует тривиально: $f_0id_A = id_B_0f = f$ для $f < Hom(A, B)$.

Покажем, что представление ИПО с применением данного формального языка позволяет сохранить свойства суперпозиции и ассоциативности всего многообразия причинно-следственных связей в объекте и во взаимодействии объектов в выбранном аспекте.

Нелинейность связей между объектами в рассматриваемом случае будет определяться функторами, связывающими различные аспекты $A_{c.1}, A_{c.2}$ (рис. 1).

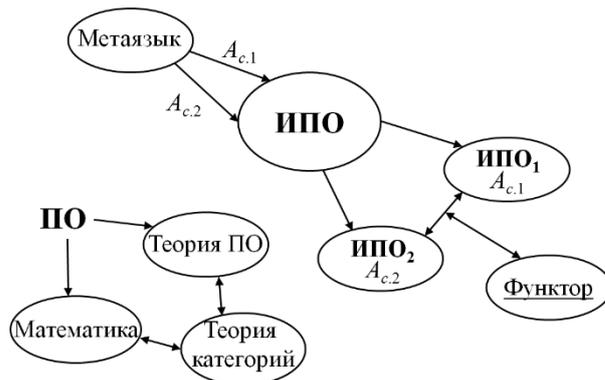


Рис. 1. Схема представления нелинейных связей между объектами ИПО на языке теории категорий

Синтаксическими правилами построения «правильных» предложений (схем) на данном метаязыке являются правила построения коммутативных диаграмм.

Коммутативная диаграмма – это ориентированный граф, в вершинах которого находятся идентифицированные объекты, а стрелками являются идентифицированные морфизмы (наделенные определенными структурными свойствами причинно-следственных связей), причем результат композиции стрелок, то есть бинарная операция на множестве объектов. Аксиомы теории категорий определяют семантические правила метаязыка: ассоциативность композиции, тождественность морфизмов и др. То есть правила композиции объектов и их морфизмов сохраняются и в представлении диаграмм. Таким образом, метаязык является формальным графоаналитическим языком. На рис. 2 приведены синтаксические правила (аксиоматика) формализованного графоаналитического метаязыка.

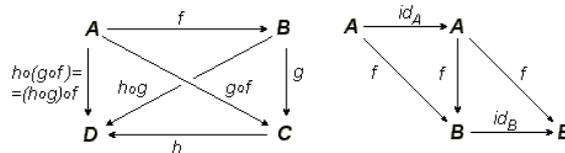


Рис. 2. Графические правила композиции объектов и их морфизмов

Семантические правила, основанные на введенной аксиоматике, позволяют получать непротиворечивые графоаналитические модели ИПО в заданном аспекте, сохраняя принцип двойственности категорий (C^{op}), в которой объекты совпадают с объектами исходной категории (C), а морфизмы получают «обращением стрелок»: $Hom_C^{op}(B, A) = Hom_C(A, B)$.

Также будут сохраняться свойства изоморфизма, эндоморфизма, автоморфизма объектов ПО по следующим правилу: Морфизм $f \in Hom(A, B)$ называется изоморфизмом, если существует такой морфизм $g \in Hom(B, A)$, что $g \circ f = id_A$ и $f \circ g = id_B$.

В [13] показана тождественность синтаксиса, определенного выше, как метаязыка математической теории категорий множеств и процессного формального языка моделирования (высокоуровневого программирования) *IDEF*.

При реализации системной модели ПО на метаязыке структурного моделирования *IDEF* ее структура в функциональном аспекте может быть представлена в виде двудольного ориентированного графа, вершинами которого являются входные и выходные ресурсы, а ребрами – действия по их преобразованию. В этом случае каждая вершина имеет уникальный иерархический идентификатор, поиск вершины осуществляется путем прохождения пути от вершины графа к конкретной вершине. Также одновременно с графовой структурой системная модель ПО описывается глоссарием – семантической сетью, описывающей семантический аспект вершин и ребер графа.

Определение системы измерений для системной модели заключается в формировании многомерного классификатора на основе терминов глоссария и контента информационных ресурсов ПО. Термины глоссария объединяются в пять классов: термины, описывающие входные данные, выходные данные, управляющие воздействия, механизмы и исполнителей, а также термины, описывающие функции.

ПРИМЕР ОПИСАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ, СТРУКТУРА КОТОРЫХ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СИСТЕМУ ФОРМАЛИЗОВАННЫХ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ

Представление описания бизнес-процессов, структура которых представляет систему формализованных причинно-следственных связей, возможно с применением предметно-ориентированных терминальных метаязыков в соответствии с иерархией Хомского.

Иерархия Хомского – классификация формальных языков и формальных грамматик, согласно которой они делятся на 4 типа по их условной сложности [14].

Формальную грамматику G по Хомскому можно представить в виде упорядоченной четверки:

$$G = \langle V_T, V_N, P, S \rangle, \quad (1)$$

где V_T – алфавит (множество) терминальных символов – терминалов; V_N – алфавит (множество) нетерминальных символов – нетерминалов; $V = V_T \cup V_N$ – словарь G , причем $V_T \cap V_N = \emptyset$, P – конечное множество про-дукций (правил) грамматики, $P \subseteq V^+ \times V^*$, S – начальный символ (источник).

Здесь V^* – множество всех строк над алфавитом V , а V^+ – множество непустых строк над алфавитом V .

Рассмотрим описание бизнес-процесса на примере диаграммы в нотации структурного моделирования *IDEF0*. *IDEF0* представляет собой методологию функционального моделирования и графическую нотацию, предназначенную для формализации и описания бизнес-процессов. В работе [15] показано, что грамматика метаязыка *IDEF0* и его графическая нотация соответствуют формальной грамматике математической теории категории множеств.

С точки зрения грамматики Хомского, синтаксис *IDEF* можно отнести ко второму типу грамматик. Диаграмма в нотации *IDEF0* представляет собой две структуры: ориентированный граф, представляющий формальную структуру модели ПО, и глоссарий, определяющий словарь и ее семантическое описание.

$$IDEF = (Gr, Gl), \quad (2)$$

где Gr – ориентированный граф; Gl – глоссарий модели бизнес-процесса.

$$Gr = (V, A), \quad (3)$$

где V – непустое множество вершин – входов и выходов бизнес-процессов; A – множество различных ребер – функций преобразования входных ресурсов в выходные.

Исследуем свойство отношения «вход-выход» между элементами диаграмм (рис. 3).

В этом случае вершинами графа выступают ресурсы (входы и выходы функциональных блоков), а стрелками – функции преобразования входов в выходы [15].

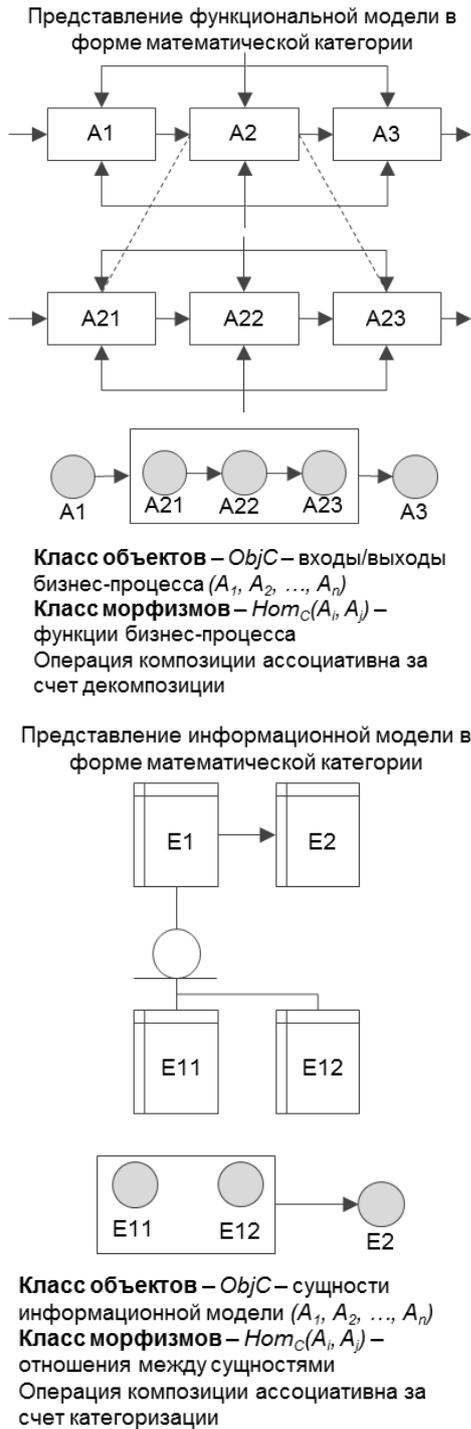


Рис. 3. Представление процессов и данных в форме категорий

Положим, что вершины графа являются объектами категории, а стрелки – морфизмами. Так как функциональное моделирование строится на принципе декомпозиции, представление будет обладать следующими свойствами.

1. Ассоциативность: $(A_{11} \cdot A_{12}) \cdot A_{13} \equiv A_{11} \times (A_{12} \cdot A_{13})$, т.е. возможна вариативность при декомпозиции, но результат не зависит от того, какие именно функциональные блоки будут декомпозированы.

2. Некоммутативность: $A_1 \neq A_{12} \circ A_{11}$, т.е. результат выполнения процесса зависит от последовательности дочерних процессов.

3. Ресурсы могут быть как входами, так и выходами функциональных блоков.

Вершина графа модели в нотации *IDEFO* имеет уникальный иерархический идентификатор, следовательно, элементы этой диаграммы являются идентифицируемыми, а связи прослеживаемыми. Представим процесс извлечения данных информационного пространства для интеллектуального анализа в соответствии с уровнями иерархии Хомского (рис. 4).

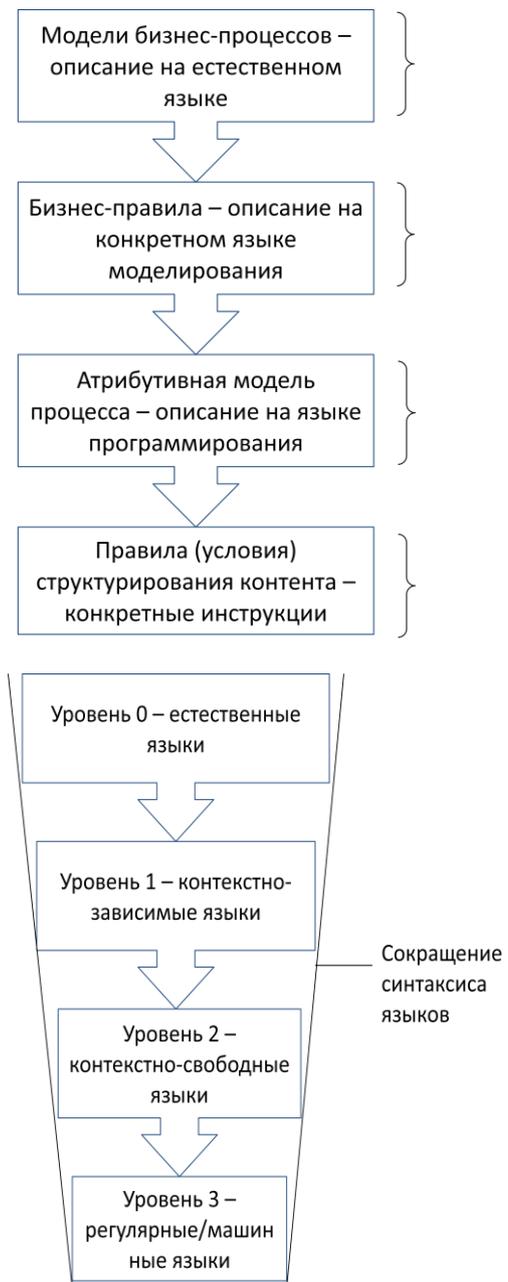


Рис. 4. Сопоставление процесса составления правил структурирования контента с уровнями иерархии Хомского

Для формирования критериев структурирования контента [15] и извлечения данных из моделей бизнес-процессов необходимо выделить бизнес-правила, описать их в атрибутивной форме и представить в форме условий.

Описание бизнес-процесса на естественном языке, представляющее модель процесса, соотносится с нулевым уровнем иерархии Хомского. К первому уровню – контекстно-независимым языкам – можно отнести бизнес-правила, т.е. описание бизнес-процесса на языке конкретной предметной области, например, в форме чертежей или последовательности конструкторско-технологических операций.

Переход от нулевого уровня к первому выполняется за счет описания процесса в терминах конкретной предметной области, с применением конкретного «жаргона». Это позволяет сократить алфавит, упростить синтаксис, но в то же время и уточнить семантику языка.

С уровнем контекстно-свободных языков соотносится атрибутивная модель процесса, определяющая описание моделируемого процесса в виде моделей бизнес-процессов.

Переход от контекстно-зависимых к контекстно-свободным языкам выполняется за счет моделирования бизнес-процесса с применением инструментов структурного или объектно-ориентированного подхода. Бизнес-процесс, представленный в форме структурной или объектной модели, использует алфавит и синтаксис конкретного языка моделирования, что описывает процесс независимо от предметной области.

Правила по структурированию контента можно соотнести с третьим уровнем иерархии – уровнем инструкций. По мере перехода на более низкий уровень иерархии происходит сокращение (конкретизация) синтаксиса языка – описание процесса становится более конкретным, смысл правил сужается до конкретных инструкций. Переход от контекстно-свободных языков к регулярным выполняется при программировании и реализации бизнес-процесса с использованием автоматизированных систем и высокоуровневых языков программирования.

Каждое из множеств языков является подмножеством предыдущего множества, что обеспечивает передачу семантики между уровнями иерархии. Однако за счет сокращения синтаксиса может быть потеряна некоторая информация и внесены неточности при реализации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассматривается возможность установления соответствия между моделями бизнес-процессов и причинно-следственными связями между объектами исследуемой предметной области.

В процессе системного описания (извлечения знаний) ПО и его интерпретации, основными инструментами являются предметно-ориентированные терминальные метаязыки (ПОТМЯ), формируемые на основе естественного языка в контексте предметной области в соответствии с классификацией Хомского.

Представление предметной области в форме категорий (метаданных, данных и знаний) дает возможность рассматривать и оперировать его объектами независимо от их внутренней структуры. Такое представление позволяет выявлять общие закономерности в поведении разнородных систем.

Показано, что возможна дальнейшая формализация данного описания до автоматизированного генерирования соответствующего программного обеспечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системная модель [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ngpedia.ru/id159641p1.html> (дата обращения: 23.01.2017). [(2017, Gen. 23). *System model* [Online]. Available: <http://www.ngpedia.ru/id159641p1.html>]
2. **Фролов И. Т.** Введение в философию. М.: Республика, 2003. 623 с. [I. T. Frolov, *Introduction to Philosophy*, (in Russian). M.: Respublika, 2003.]
3. **Аскин Я. Ф.** Философский детерминизм и научное познание. М.: Мысль, 1977. 188 с. [Ia. F. Askin, *The philosophical determinism and scientific knowledge*, (in Russian). M.: Mysl', 1977.]
4. **Куликов Г. Г., Набатов А. Н., Речкалов А. В.** Проектирование экспертных систем на основе системного моделирования. Уфа: УГАТУ, 1999. 223 с. [G. G. Kulikov, A. N. Nabatov, A. V. Rechkalov, *Design of expert systems based on system modeling*, (in Russian). Ufa: UGATU, 1999.]
5. **Куликов Г. Г., Набатов А. Н., Речкалов А. В.** Автоматизированное проектирование информационно-управляющих систем. Системное моделирование предметной области. Уфа: УГАТУ, 2003. 103 с. [G. G. Kulikov, A. N. Nabatov, A. V. Rechkalov, *Computer-aided design of management information systems. System modeling domain*, (in Russian). Ufa: UGATU, 2003.]
6. **Куликов Г. Г., Конев К. А., Суворова В. А.** Теория систем и системный анализ. Уфа: УГАТУ, 2012. 185 с. [G. G. Kulikov, K. A. Konev, V. A. Suvorova, *Systems theory and system analysis*, (in Russian). Ufa: UGATU, 2012.]
7. Общая теория систем [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Общая_теория_систем (дата обращения: 23.01.2017). [(2017, Gen. 23). *Subject-oriented language* [Online]. Available: https://ru.wikipedia.org/wiki/Общая_теория_систем]
8. Предметно-ориентированный язык [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Предметно-ориентированный_язык (дата обращения: 23.01.2017). [(2017, Gen. 23). *Subject-oriented language* [Online]. Available: https://ru.wikipedia.org/wiki/Предметно-ориентированный_язык]
9. Теория категорий [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_категорий (дата обра-

щения: 23.01.2017). [(2017, Gen. 23). *Theory of categories* [Online]. Available: https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_категорий]

10. Формальная семантика [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Формальная_семантика (дата обращения: 23.01.2017). [(2017, Gen. 23). *Subject-oriented language* [Online]. Available: https://ru.wikipedia.org/wiki/Формальная_семантика]

11. Волкова И. А., Вылиток А. А., Руденко Т. В. Формальные грамматики и языки. Элементы теории трансляции. М.: Издательский отдел факультета ВМиК МГУ им. М. В. Ломоносова, 2009. 115 с. [I. A. Volkova, A. A. Vylytok, T. V. Rudenko, *Formal grammars and languages. Elements of the theory of translation*, (in Russian). M.: Izdatel'skij otdel fakul'teta VMiK MGU im. M. V. Lomonosova, 2009.]

12. Bartosz Milewski. Category Theory [Электронный ресурс]. URL: <https://bartoszmilewski.com/category/category-theory/> (дата обращения: 23.01.2017). [(2017, Gen. 23). *Category Theory* [Online]. Available: <https://bartoszmilewski.com/category/category-theory/>]

13. Хопкрофт Д., Мотвани Р., Ульман Д. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. М.: Вильямс, 2002. 528 с. [D. Khopkroft, R. Motvani, D. Ul'man, *Introduction to Automata Theory, Languages and Computation*, (in Russian). M.: Vil'iams, 2002.]

14. Куликов Г. Г., Шилина М. А., Старцев Г. В., Бармин А. А. Структурирование контента информационного пространства технического университета с использованием процессного подхода и семантической идентификации / Куликов Г. Г. и др. // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18, № 4 (65). С. 115–124. [G. G. Kulikov, M. A. Shilina, G. V. Startsev, A. A. Barmin, "Structuring content Technical University information space using a process approach and semantic identification" (in Russian), in *Vestnik UGATU*, vol. 18, no. 4 (65), pp. 115-124, 2014.]

15. Куликов Г. Г., Бармин А. А., Шилина М. А., Шамиданов Д. Г. Описание бизнес-процессов в соответствии с иерархией Хомского / Куликов Г. Г. и др. // Информационные технологии и системы: тр. Пятой Междунар. науч. конф., (Банное. Россия, 24–28 февр. 2016). Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2016. С. 249–254. [G. G. Kulikov, A. A. Barmin, M. A. Shilina, D. G. Shamidanov, "Description of business processes in accordance with the Chomsky hierarchy", in *Informatsionnye tekhnologii i sistemy* (ITIS' 2016), vol. 1, pp. 249-254, 2016.]

ОБ АВТОРАХ

КУЛИКОВ Геннадий Григорьевич, проф. каф. автоматизированных систем управления. Дипл. инж. по автом. машиностроения (УАИ, 1971). Д-р техн. наук по сист. анализу, авт. управлению и тепл. двигателям (УАИ, 1989). Иссл. в обл. АСУ и упр. сил. установками ЛА.

ЗЛОБИНА Таисия Павловна, канд. фил. наук, доц. каф. АСУ. Иссл. в обл. категорий диалектики.

БАБАК Сергей Федорович, доц. каф. АСУ. Дипл. инж. (УАИ, 1970). Канд. техн. наук (УАИ, 1978).

ШАМИДАНОВ Дмитрий Геннадьевич, асп. каф. АСУ. Дипл. информатик-экономист (УГАТУ, 2014). Готовит дис. в обл. инф.-поисковых систем.

METADATA

Title: System and linguistic approach to design of formal models of the studied subject domain on the basis of categories of dialectics and set-theoretic methods.

Authors: G. G. Kulikov¹, T. P. Zlobina², S. F. Babak², D. G. Shamidanov³

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹gennadyg_98@yahoo.com, ²ugatu_asu@mail.ru, ³shamidanow@gmail.com.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 20, no. 1 (76), pp. 95-102, 2017. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: System and linguistic approach to design of formal models of the studied subject domain (SD) on the basis of categories of dialectics and set-theoretic methods is considered. It is shown that this approach allows raising degree of structural adequacy of model due to identification and more complete description of relationships of cause and effect. The possibility of establishing a correspondence between the models of business processes and the causal relationships between the objects of the subject domain being studied is considered. Comparison of the process of drawing up the rules for structuring objects in the domain is shown in accordance with the levels of the Chomsky hierarchy.

Key words: systematic approach; category theory; the principle of causality; terminal metalanguages.

About authors:

KULIKOV, Gennady Grivorovich, Prof., Dept. of Automated Systems. Dipl. Eng. (UAI, 1987). Dr. of Tech. Sci. (UGATU, 1989).

ZLOBINA, Taisiya Pavlovna, Ph.D., Engineer (UAI).

BABAK, Sergey Fedorovich, Dept. of Automated Systems, Engineer, Ph.D.

SHAMIDANOV, Dmitry Gennadievich, Postgrad. (PhD) Student, Dept. of Automated Systems. Informatics and economist (UGATU, 2014).