



# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.822

## ФОРМАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМОСВЯЗИ УФО-ПОДХОДА И ЯЗЫКА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОНТОЛОГИЙ RDF

### THE FORMAL ASPECTS OF INTERRELATION BETWEEN UFO APPROACH AND RDF LANGUAGE OF ONTOLOGY REPRESENTATION

**А.А. Кондратенко, С.И. Маторин**  
**A.A. Kondratenko, S.I. Matorin**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85*

*Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

*E-mail: a.kondratenko-sl@yandex.ru*

**Аннотация.** Статья посвящена развитию идеи построения онтологий на основе УФО-моделей предметных областей. Формулируется классификация фактов, извлечение которых из УФО-модели, необходимо в целях построения основы онтологии. С учетом данной классификации разрабатывается формальное обоснование и правила извлечения данных из УФО-модели. Для каждой группы фактов из классификации приводится формализованное описание на основе одного или сочетания нескольких средств формализации УФО-моделей, таких как теория паттернов Гренандера и исчисление процессов Милнера. Обосновывается возможность преобразования УФО-моделей в онтологии, представленные на языке RDF.

**Resume.** The development of existing methodologies and approaches to building ontologies and creation some new, more effective ones is one of the most actual themes in ontology engineering now. The article is devoted to the evolution of idea about building ontologies on the base of UFO domain models. The detailed classification of the facts, which are extracted from UFO domain models, is formulated. On the base of this classification the formal basis and rules of data extracting from UFO model are developed. Each group in extracted facts classification is formalized by one or by combination of approaches like Grenander's pattern theory, Milner's calculus of communicating systems (CSS). The possibility of transformation UFO domain models into formalized by RDF ontologies are proved.

**Ключевые слова:** УФО-подход, системно-объектный подход, онтология, онтологический инжиниринг, RDF.

**Keywords:** UFO approach, ontology, ontology engineering, RDF.

Создание новых эффективных методов, подходов и средств построения онтологий предметных областей – это одна из самых сложных и важных задач, стоящих перед исследователями и разработчиками в области онтологического инжиниринга. Значительное число работ российских и зарубежных ученых и специалистов в данной сфере посвящено именно разработке комплексных подходов и отдельных приемов, средств и инструментов создания онтологий, позволяющих при наименьших затратах получить максимально точный, полный и пригодный для использования в прикладных информационных системах результат – онтологии предметных областей.

Авторами также разрабатывается оригинальный подход к процессу построения онтологий [Слободюк и др., 2013; Слободюк, Маторин, 2013; Слободюк, Маторин, 2014], основой которого являются базовые понятия, принципы и методы подхода «Узел–Функция–Объект» (УФО-подхода) и результаты проведения УФО-анализа предметных областей. Основной гипотезой нового подхода является извлечение по некоторому заданному набору правил фактов, характеризующих предметную область из соответствующей УФО-модели, их формальное представление с помощью специализированных языков описания онтологий и использование полученных конструкций в качестве основы для непосредственного создания онтологии предметной области. В связи с этим представляется необходимым рассмотреть взаимосвязь существующих средств формального представления онтологий предметных областей и формального аппарата УФО-подхода.

Помимо неформального, вербального представления онтологий, учеными разработано множество средств формального описания онтологий с использованием специализированных языков: RDF, DAML+OIL, OWL, OCML, LOOM и ряда других. Наиболее широкое распространение получил OWL (Web Ontology Language) – язык для определения и представления веб-онтологий [OWL Web Ontology Language, 2015]. OWL позволяет группировать информацию в онтологии и представлять ее в качестве документов. В дальнейшем с помощью специализированного инструментария может

быть проведена обработка таких документов, что позволяет извлечь информацию, заложенную в онтологии.

Исходным синтаксисом обмена, базисом для OWL является RDF. RDF (ResourceDescriptionFramework) – это универсальный язык для представления знаний в Сети. Он позволяет представлять знания в самом общем виде, при этом являясь «универсальным средством для обмена данными между разными программами» [Segaran et al., 2009; Hebel et al., 2009]. В основе RDF лежит представление фактов в качестве триплетов вида «Субъект – Отношение (предикат) – Объект». RDF поддерживает несколько нотаций, среди которых наиболее распространенными являются:

- Turtle – компактный, удобный для восприятия человеком формат.
- N-Triples – простой, в том числе для машинного чтения, «линейный» формат записи; представляется менее компактным по сравнению с Turtle.
- N-Quads – представляет собой расширение N-Triples для сериализации множественных графов.
- JSON-LD – формат сериализации данных RDF, основанный на формате JSON.
- Notation3, или сокращенно N3 – формат, схожий с Turtle, но обладающий некоторыми дополнительными возможностями, такими как возможность описания правил вывода.
- RDF/XML – первый формат для сериализации RDF, основанный на синтаксисе XML.

Поскольку RDF является базисом для некоторых других, более специализированных для онтологий языков типа OWL, в контексте задачи разработки нового метода построения онтологий, основанного на принципах и средствах УФО-анализа, целесообразно рассмотреть связь средств формализации УФО-подхода именно с RDF.

В работе [Слободюк и др., 2013] приводятся результаты сравнительного анализа основных принципов представления данных в УФО-подходе (средствах его формализации) и языке RDF. Полученные результаты позволяют утверждать, что УФО-модель предметной области может быть представлена с помощью языка RDF. Для более детального и всестороннего обоснования данного утверждения необходимо рассмотреть конкретные составляющие (шаги) процесса представления УФО-модели на языке RDF.

Поскольку язык RDF оперирует триплетом вида «Субъект – Отношение (предикат) – Объект», необходимо определить в аналогичном виде набор фактов (сведений) о предметной области, содержащихся в УФО-модели и подлежащих извлечению из нее. Для систематизации разновидностей таких фактов применяется классификация фактов, предложенная в [Слободюк, 2014]. В данной классификации выделены следующие группы фактов:

### I. На уровне УФО-элемента

На рис. 1 приведена схема, иллюстрирующая принцип формирования данной группы фактов.

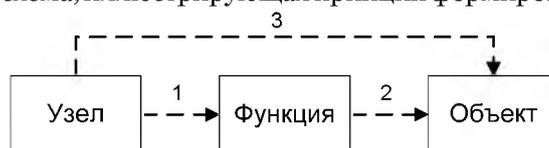


Рис. 1. I группа фактов, извлекаемых из УФО-модели  
Fig. 1. The first group of facts which are extracted from UFO domain model

1. Узел балансируется Функцией.
2. Функция реализуется с помощью Объекта.
3. Узел занят Объектом.

### I(inv). На уровне УФО-элемента

Рис. 2 отражает схему получения фактов данной группы.

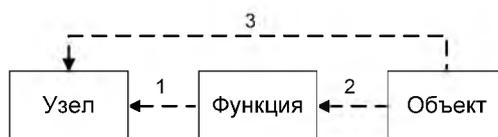


Рис. 2. I(inv) группа фактов, извлекаемых из УФО-модели  
Fig. 2. The first-inverted group of facts which are extracted from UFO domain model

1. Функция балансирует Узел.
2. Объект реализует Функцию.
3. Объект занимает Узел.

### II. На уровне Узла

На рис. 3 приведена схема, характеризующая данную группу фактов.

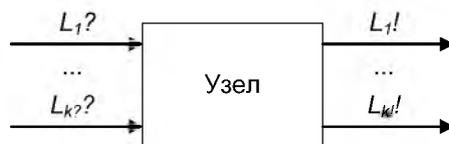


Рис. 3. II группа фактов, извлекаемых из UFO-модели  
Fig. 3. The second group of facts which are extracted from UFO domain model

Обозначим  $k?$  - количество входящих связей Узла,  $k!$  - количество исходящих Связей,  $t?$  - количество различных типов входящих Связей,  $t!$  - количество различных типов исходящих Связей. Тогда:

1. (Для каждого  $m=1..t?$ ) Узел имеет входящую Связь (порт) класса  $\beta_m$ .
2. (Для каждого  $m=1..t!$ ) Узел имеет исходящую Связь (порт) класса  $\beta_m$ .
3. (Для каждого  $m=1..k?$ ) Узел имеет входящую Связь  $L_m?$
4. (Для каждого  $m=1..k!$ ) Узел имеет исходящую Связь  $L_m!$
5. (Для каждого  $m=1..k?$ ) Связь  $L_m?$  принадлежит классу  $\beta_j$ , причем  $j \in (1..t?)$
6. (Для каждого  $m=1..k!$ ) Связь  $L_m!$  принадлежит классу  $\beta_j$ , причем  $j \in (1..t!)$ .

### III. На уровне Функции

1. (Для каждого  $m=1..k?$ ) Функция преобразует вход  $L_m?$
2. (Для каждого  $m=1..k!$ ) Функция выдает выход  $L_m!$

### IV. На уровне Объекта

Обозначим  $q$  - количество признаков (атрибутов) Объекта. Тогда (для каждого  $m=1..q$ ) Объект обладает признаком  $\alpha_m$ .

### V. На уровне связей между двумя UFO-элементами

Рис. 4 иллюстрирует схему получения фактов данной группы.

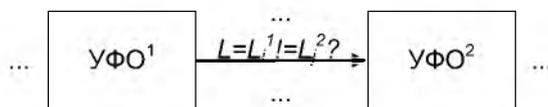


Рис. 4. V группа фактов, извлекаемых из UFO-модели  
Fig.4. The fifth group of facts which are extracted from UFO domain model

Обозначим  $h$  - количество связей между UFO-элементами  $UFO^1$  и  $UFO^2$ . Тогда (для каждого  $m=1..h$ )  $UFO^1$  передает  $L$   $UFO^2$

### V(inv). На уровне связей между двумя UFO-элементами

Принцип формирования данной группы фактов проиллюстрирован на рис. 4: (для каждого  $m=1..h$ )  $UFO^2$  получает  $L$  от  $UFO^1$ .

### VI. На уровне декомпозиции UFO-элемента

Если UFO-элемент  $UFO^1$  может быть декомпозирован, то есть представлен в виде комбинации UFO-элементов  $UFO^2...UFO^n$ , то:  
 $UFO^1$  имеет в качестве части  $UFO^n$ .

### VII. На уровне агрегации UFO-элементов

С учетом вышеприведенных положений:  
 $UFO^n$  является частью  $UFO^1$ .

Чтобы извлечь указанные факты из UFO-модели, требуется иметь ее формализованное представление и соответствующие правила извлечения. В литературе встречаются подходы к формализации UFO-подхода, использующие как отдельные алгебраические средства (теория паттернов



Гренандера, исчисление процессов Милнера, исчисление объектов и другие), так и их сочетание [Жихарев, 2013]. Каждый из таких математических аппаратов успешно используется для формализации отдельного аспекта УФО-подхода, причем выбор осуществляется в зависимости от поставленных задач.

В случае с задачей извлечения и формальной записи фактов о предметной области из УФО-модели требуется иметь математический аппарат, позволяющий формально описать все извлекаемые факты. Очевидно, что для отражения фактов всех групп, за исключением группы III (на уровне Функции), может использоваться с теми или иными допущениями теория паттернов Гренандера [Grenander, 1979]. Для того чтобы учесть также и группу III, можно воспользоваться способом формализации, предложенным в работе [Зимовец, 2012].

Рассмотрим способ формализации [Зимовец, 2012] в контексте задачи извлечения фактов о предметной области из УФО-моделей. Авторы указанной работы представляют систему (УФО-элемент) в виде кортежа:

$$e = \langle U, F, O \rangle, \quad (1)$$

где  $U$  – Узел,  $F$  – Функция,  $O$  – Объект соответственно.

Такое представление позволяет в удобной форме хранить и извлекать из формального представления УФО-модели факты из группы I.

Каждый элемент приведенного ранее кортежа может быть детализирован. В частности, Узел можно представить в виде выражения:

$$U = (L?, L!), \quad (2)$$

где  $L?$  – множество входящих связей;  $L!$  – множество исходящих связей.

Подобная форма записи позволяет учитывать факты 3 и 4 из группы II. Действительно, в данном случае подразумевается, что  $L?$  и  $L!$  – это множества (совокупности) входящих и исходящих связей соответственно. Иными словами, если у узла имеется  $k?$  входящих и  $k!$  исходящих связей, то:

$$\begin{aligned} \forall m = 1..k?: L_m? \subset L?, \\ \forall m = 1..k!: L_m! \subset L! \end{aligned} \quad (3)$$

Значит, содержащуюся в формальном представлении УФО-модели информацию об элементах множеств  $L?$  и  $L!$  можно в дальнейшем преобразовать в факты вида «Узел имеет входящую связь  $L_m?$ » и «Узел имеет исходящую связь  $L_m!$ ».

Для учета фактов групп I и I(inv) также требуется использование идентификатора (имени) узла. В большинстве частных случаев имена Узла и Объекта совпадают, однако в общем случае будем учитывать имя Узла отдельно, обозначая его символом  $u$  и включая в формальное представление Узла:

$$U = (u, L?, L!). \quad (4)$$

Второй элемент кортежа, представляющего УФО-элемент, – Функцию – авторы работы [Зимовец, 2012] также представляют в детализированном виде, используя понятия, аналогичные терминам исчисления процессов Милнера (CCS). В контексте решаемой задачи наибольший интерес представляет возможность извлечения из формальной записи фактов группы III, куда входят факты вида «Функция преобразует вход  $L_m?$ » и «Функция выдает выход  $L_m!$ ». Соответственно, для этого не требуется детализированное формальное представление Функции как составляющей УФО-элемента; достаточно ее имени (содержания), которую будем представлять в формальной записи литерой  $F$ .

Для описания Объекта как составляющей УФО-элемента используются понятия теории паттернов. При этом вводится следующее представление Объекта:

$$O = (n, \alpha, \beta?, \beta!), \quad (5)$$

где  $n$  – имя Объекта;

$\alpha$  – множество признаков Объекта;

$\beta?$  – множество показателей множества входящих связей  $L?$ ;

$\beta!$  – множество показателей множества исходящих связей  $L!$ .

В рассматриваемом контексте примем в качестве показателей связей их класс – вещественные связи, энергетические связи, связи по управлению и связи по данным [Маторин и др., 2005]. Соответственно, для каждой связи из множеств  $L?$  и  $L!$  в формальной записи УФО-модели присутствуют записи «Узел имеет связь класса  $\beta?_i$ » и «Узел имеет связь класса  $\beta!_j$ » соответственно, что соответствует фактам 1 и 2 из группы II.

С учетом приведенных положений общую запись УФО-элемента можно представить следующим образом:

$$e = \langle (L?, L!), F, (n, \alpha, \beta?, \beta!) \rangle \quad (6)$$

При этом подобного формального представления УФО-элемента достаточно для извлечения фактов групп I, I(inv), II, III и IV.



В целях представления фактов наличия связей между УФО-элементами (группа V) необходимо дополнить указанное представление УФО-элементов. В частности, предлагается дополнительно составлять матрицы, позволяющие наглядно отразить факт наличия той или иной связи в УФО-модели. Возможно несколько вариантов записи таких матриц. Например, в общем случае матрицу связей для i-го УФО-элемента с k? входных связей и k! выходных связей можно представить следующим образом:

$$\begin{matrix}
 L_1^i ? & 0 \\
 L_2^i ? & L_m^j ! \\
 \dots & \dots \\
 L_k^i ? & 0 \\
 L_1^i ! & 0 \\
 L_2^i ! & 0 \\
 \dots & \dots \\
 L_{k1}^i ! & L_m^j ?
 \end{matrix} , \tag{7}$$

где  $L_m^j !$  и  $L_m^j ?$  - это некоторые входная и выходная связи j-го УФО-элемента, с которым связан рассматриваемый i-й УФО-элемент. В указанной матрице в строках перечисляются все входные и выходные связи УФО-элемента, а напротив них проставляется обозначение равнозначной связи связанного УФО-элемента. То есть связи, имеющие значение во втором столбце матрицы, являются связью (поток) между двумя УФО-элементами. Соответственно, на основании подобных матриц из формальной записи УФО-модели можно извлечь факты групп V и V(inv), характеризующие наличие связей между УФО-элементами.

Более универсальным способом является создание матрицы размером NxM элементов, отражающей все существующие на данном уровне УФО-модели взаимосвязи между элементами. При этом:

$$N = \sum_{i=1}^n k^i ? \tag{8}$$

где n – число УФО-элементов на данном уровне модели (уровне декомпозиции исходного элемента, отражающего систему в целом),  
k<sup>i</sup>? – число входящих связей каждого из таких элементов.

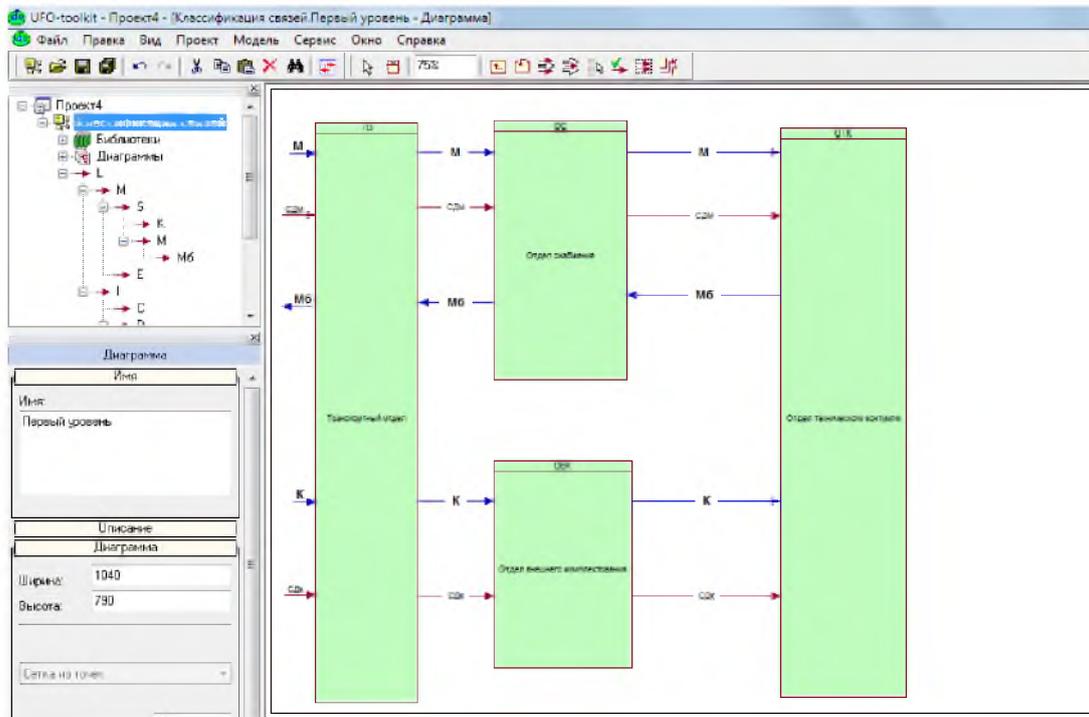


Рис. 5. Пример связей между УФО-элементами одного уровня  
Fig. 5. The example of links between UFO elements on the same level



Аналогично:

$$M = \sum_{i=1}^n k^i!, \tag{9}$$

где  $n$  – число УФО-элементов на данном уровне модели (уровне декомпозиции исходного элемента, отражающего систему в целом),

$k^i!$  – число исходящих связей каждого из таких элементов.

Соответственно, в качестве строк такой матрицы выступают входящие связи всех УФО-элементов рассматриваемого уровня модели, а в качестве столбцов – все исходящие связи. На пересечении строки и столбца проставляется значение «1» в случае, когда входящая связь соединяется (является одноименной) с соответствующей исходящей связью, и «0» – в противном случае. Рассмотрим пример – УФО-модель, в которой используется прикладная (модифицированная базовая) классификация связей. Фрагмент этой модели показан на рисунке 5.

Матрица связей в данном случае будет выглядеть следующим образом:

	$M^{TO}?$	$СДм^{TO}?$	$K^{TO}?$	$СДк^{TO}?$	$Мб^{TO}?$	$Мб^{OC}?$	$СДм^{OC}?$	$M^{OC}?$	$K^{OBK}?$	$СДк^{OBK}?$	$Мб^{OTK}?$
$M^{IO}?$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$СДм^{TO}?$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$K^{TO}?$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$СДк^{TO}?$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Мб^{TO}?$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
$M^{OC}?$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$СДм^{OC}?$	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Мб^{OC}?$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$K^{OBK}?$	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$СДк^{OBK}?$	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$M^{OTK}?$	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$СДм^{OTK}?$	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$K^{OTK}?$	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
$СДк^{OTK}?$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Однако при использовании подобного подхода представляется затруднительным установление сведений о количестве и характере связей между конкретными двумя УФО-элементами в модели. Поэтому в отдельных случаях может использоваться другой подход для формальной записи связей между УФО-элементами – составление нескольких матриц, характеризующих связи между двумя отдельно взятыми УФО-элементами одного уровня. Размерность каждой матрицы может быть определена как  $N \times M$ , причем:

$$N = k^i? + k^j!, \tag{11}$$

$$M = k^j? + k^i!$$

где  $k^i?$  и  $k^j?$  – число входящих связей  $i$ -го и  $j$ -го УФО-элементов,  $k^i!$  и  $k^j!$  – число исходящих связей  $i$ -го и  $j$ -го УФО-элементов соответственно. То есть в качестве строк подставляются все (сначала входящие, затем исходящие) связи  $i$ -го УФО-элемента, а в качестве столбцов – все связи  $j$ -го УФО-элемента в аналогичном порядке.

К примеру, рассмотрим уровень УФО-модели, на котором расположены три взаимосвязанных УФО-элемента (рисунок 6).

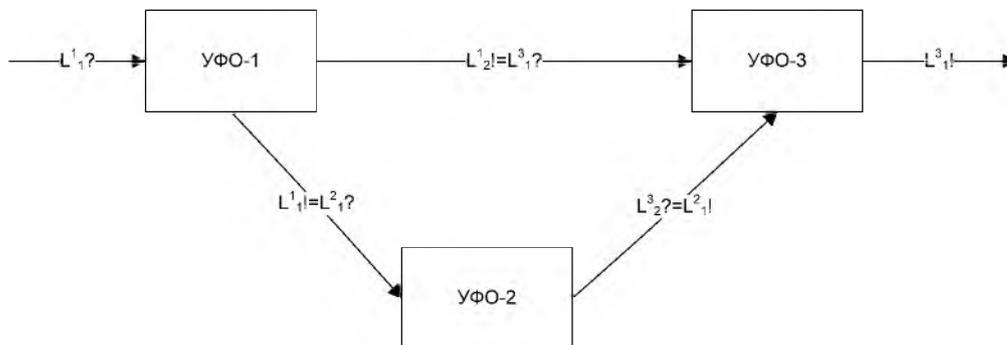


Рис. 6. Пример фрагмента УФО-модели  
 Fig. 6. Example of UFO domain model fragment



Для элементов УФО-1 и УФО-2, изображенных на рисунке 6, описанная выше матрица будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{array}{c|cc} & L_1^2? & L_1^1! \\ \hline L_1^1? & 0 & 0 \\ L_1^1! & 1 & 0 \\ L_2^1! & 0 & 0 \end{array} \quad (12)$$

К достоинствам данного подхода можно отнести то, что из подобных матриц легко установить количество связей между двумя конкретными УФО-элементами. Недостатком, очевидно, является необходимость составления нескольких матриц. В частности, в случае, если на одном уровне модели расположено  $n$  взаимосвязанных УФО-элементов, понадобится составление  $C$  матриц, где:

$$C = \frac{n!}{2 \cdot (n - 2)!} \quad (13)$$

Исходя из предположения о том, что среднее количество элементов на одном уровне, при котором модель является удобной для восприятия, равно 5, необходимо построение 10 матриц. Если же на одном уровне в модели расположены 6 элементов, число матриц возрастает до 15. Поэтому в общем случае предлагается пользоваться первым, более универсальным и компактным вариантом представления матрицы связей.

Для описания групп фактов VI и VII требуется более сложный и детальный способ формализации. Поскольку УФО-модель предметной области строится по нисходящему принципу, то есть от контекстного уровня до нужной степени декомпозиции, предлагается первоначально рассматривать процесс декомпозиции УФО-элементов.

Вопросы формализации декомпозиции при построении УФО-моделей частично затрагиваются в работе [Зимовец, 2012]. Однако авторами рассмотрен только частный случай – интерфейсная декомпозиция. В целях извлечения фактов о предметной области необходимо рассматривать декомпозицию УФО-элемента в более общем смысле, учитывая возможные варианты внутренних взаимосвязей УФО-элементов на уровне декомпозиции.

Если в рассматриваемой УФО-модели тот или иной УФО-элемент имеет декомпозицию, значит, он может быть представлен совокупностью взаимосвязанных УФО-элементов нижестоящего уровня. Для записи соответствующего факта при извлечении его из УФО-модели предлагается ввести особый предикат (тип отношения) – «является частью». Все УФО-элементы нижестоящего уровня фактически «являются частью» декомпозируемого УФО-элемента. Схематично это можно представить следующим образом (рисунок 7).

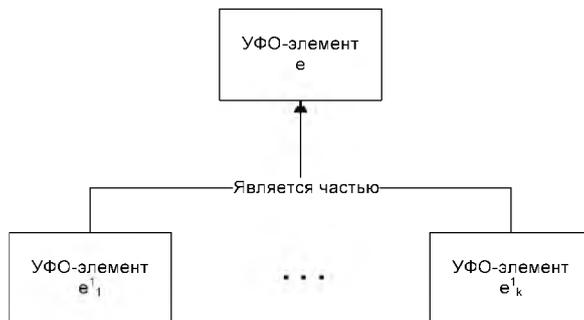


Рис. 7. Схема представления факта наличия декомпозиции УФО-элемента  
Fig.7. Scheme of the representation of the fact about UFO element decomposition

В целях выявления фактов о «дочерних» УФО-элементах рассмотрим подробнее «Функцию» декомпозируемого УФО-элемента, поскольку декомпозиция является некоторым представлением его внутренней функциональной структуры в виде совокупности взаимосвязанных подсистем (УФО-элементов) со своими функциями. Для этого воспользуемся формальным представлением функции УФО-элемента, приведенным в работе [Зимовец, 2012]:

$$F = (S, S^0, L_r) \quad (14)$$

где  $S$  – множество подпроцессов процесса, соответствующего «Функции», которые реализуются элементами первого уровня декомпозиции,  $S^0 \subset S$  – множество интерфейсных подпроцессов,  $L_r \subset L^{-1}$  – множество связей в  $S$ , осуществляющих передачу элементов глубинного яруса связанных подпроцессов.



Поскольку при записи фактов мы оперируем терминами предметной области, введем в выражение «Функции» УФО-элемента еще одну составляющую – непосредственно имя (обозначение) функции, которое будем также обозначать через  $F$ .

Множество  $S$  в общем виде можно выразить как:

$$S = \bigcup_{m=1}^k S_m^{-1}, \quad (15)$$

где  $k$  – число подпроцессов, на которые декомпозируется функция (процесс) УФО-элемента, а  $S_k^{-1}$  – собственно такой подпроцесс.

В свою очередь,  $S^0$  можно представить выражением вида:

$$S^0 = S \circ S! = \left( \bigcup_{m=1}^h S_h^{-1} ? \right) \circ \left( \bigcup_{m=1}^l S_l^{-1} ! \right), \quad (16)$$

где  $h$  – число входных интерфейсных подпроцессов,  $l$  – число выходных интерфейсных подпроцессов, а  $S_h^{-1} ?$  и  $S_l^{-1} !$  – соответственно сами такие подпроцессы.

В контексте записи фактов о предметной области в качестве подпроцессов, обозначаемых символами  $S$ , будем использовать «Функции» соответствующих УФО-элементов нижнего уровня (уровня декомпозиции). В формуле также для наглядности заменим символы  $S$ , обозначающие подпроцессы, на  $F$  – имена их функций. Для формального представления множества  $L_\tau$  внутренних связей необходимо рассмотреть матрицу связей первого уровня декомпозиции, поскольку  $L_\tau \subset L^{-1}$ . Внутренними связями можно считать множество связей:

$$L_\tau = L^{-1} \setminus (L^{-1} \circ L^{-1}), \quad (17)$$

где  $L^{-1} \circ L^{-1}$  – множество интерфейсных связей.

Таким образом, «функцию» декомпозируемого УФО-элемента в общем виде можно представить с помощью выражения:

$$F = \left( F, \bigcup_{m=1}^k F_m^{-1}, \bigcup_{m=1}^h F_h^{-1} ? \right) \circ \left( \bigcup_{m=1}^l F_l^{-1} ! \right), \quad L^{-1} \setminus (L^{-1} \circ L^{-1}). \quad (18)$$

Правая часть данного равенства и представляет собой характеристику сущности «Декомпозиция» (Decomposition), вводимую для записи фактов о предметной области. Отметим, что последняя составляющая данного выражения будет учтена в момент характеристики связей между УФО-элементами на уровне декомпозиции. Поэтому при записи того факта, что УФО-элемент может быть декомпозирован, нет необходимости дублировать такие факты.

Таким образом, сведения о наличии в УФО-модели декомпозиции УФО-элемента на несколько других взаимосвязанных УФО-элементов могут быть представлены в виде множества фактов, характеризующих отношение «целое–часть» между декомпозируемым УФО-элементом и каждым из УФО-элементов на уровне декомпозиции. Выражение (18) позволяет формализовать представление фактов групп VI и VII классификации, характеризующих декомпозицию и агрегацию УФО-элементов модели.

Систематизируя вышесказанное, можно сделать вывод о том, что формальные средства представления УФО-моделей позволяют извлекать из них определенные сведения в виде набора фактов, необходимых для построения онтологии предметной области средствами языка RDF.

### Список литературы References

1. Слободюк А.А., Маторин С.И., Четвериков С.Н. О подходе к созданию онтологий на основе системно-объектных моделей предметной области. // Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика. – 2013. - № 22 (165) 2013, Выпуск 28/1. – С. 186–195.  
Slobodjuk A.A., Matorin S.I., Chetverikov S.N. O podhode k sozdaniju ontologij na osnove sistemno-ob#ektnyh modelej predmetnoj oblasti. // Nauchnye vedomosti BelGU. Serija Istorija. Politologija. Jekonomika. Informatika. – 2013. - № 22 (165) 2013, Vypusk 28/1. – S. 186–195.
2. Слободюк, А.А. Маторин, С.И. О возможности извлечения фактов из УФО-моделей и представлений их с помощью RDF. // Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XIV международной конференции, Воронеж, 6-8 февраля 2014 г.: в 3 т. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2014. – С. 269–273.  
Slobodjuk, A.A. Matorin, S.I. O vozmozhnosti izvlechenija faktov iz UFO-modelej i predstavlenii ih s pomoshh'ju RDF. // Informatika: problemy, metodologija, tehnologii: materialy XIV mezhdunarodnoj konferencii, Voronezh, 6–8 fevralja 2014 g.: v 3 t. – Voronezh: Izdatel'sko-poligraficheskij centr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 2014. – S. 269–273.
3. Слободюк, А.А., Маторин, С.И. О применении УФО-подхода для построения онтологий предметных областей // Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XIII международной кон-



ференции, Воронеж, 7–8 февраля 2013 г. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013.

Slobodjuk, A.A., Matorin, S.I. O primenenii UFO-podhoda dlja postroenija ontologij predmetnyh oblastej // Informatika: problemy, metodologija, tehnologii: materialy VIII mezhdunarodnoj konferencii, Voronezh, 7–8 fevralja 2013 g. – Voronezh: Izdatel'sko-poligraficheskij centr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 2013.

4. OWL Web Ontology Language. Reference. W3C Recommendation : W3C, 10 February 2004, URL: <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>.

5. Toby Segaran, Colin Evans, Jamie Taylor Programming the Semantic Web. — O'Reilly Media, 2009. — 302 с.

6. John Hebler, Matthew Fisher, Ryan Blace, Andrew Perez-Lopez Semantic Web Programming. — John Wiley & Sons, 2009. — 648 с.

7. Слободюк, А.А. Расширенная классификация фактов, извлекаемых из UFO-модели в целях построения онтологии предметной области. // Шестая международная научно-техническая конференция «Инфокоммуникационные технологии в науке, производстве и образовании» (Инфоком-6): сборник научных трудов, Ставрополь, 21-27 апреля 2014 г.: часть II. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. – С. 404–406.

Slobodjuk, A.A. Rasshirennaja klassifikacija faktov, izvlekaemyh iz UFO-modeli v celjah postroenija ontologii predmetnoj oblasti. // Shestaja mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija «Infokommunikacionnye tehnologii v nauke, proizvodstve i obrazovanii» (Infokom-6): sbornik nauchnyh trudov, Stavropol', 21–27 aprelja 2014 g.: chast' II. – Stavropol': Severo-Kavkazskij federal'nyj universitet, 2014. – S. 404–406.

8. Жихарев, А.Г. Формализованное графоаналитическое представление организационных знаний : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.13.17 / Жихарев Александр Геннадиевич; [Место защиты: Белгород. гос. нац. исслед. ун-т]. - Белгород, 2013. - 22 с.

Zhiharev, A.G. Formalizovannoe grafoanaliticheskoe predstavlenie organizacionnyh znanij : avtoreferat dis. ... kandidata tehniceskikh nauk : 05.13.17 / Zhiharev Aleksandr Gennadievich; [Mesto zashhity: Belgorod.gos. nac. issled. un-t]. - Belgorod, 2013. – 22 s.

9. Гренандер, У. Лекции по теории образов. 1. Синтез образов / пер. с англ. М.: Мир, 1979. — 384 с.  
Grenander, U. Lekcii po teorii obrazov. 1. Sintez obrazov / per. s angl. M.: Mir, 1979. — 384 s.

10. Зимовец, О.А. Интеграция средств формализации графоаналитических моделей «Узел-Функция-Объект» / О.А. Зимовец, С.И. Маторин ; НИУ БелГУ // Искусственный интеллект и принятие решений. - 2012. - № 1. С. 95–102.

Zimovec, O.A. Integracija sredstv formalizacii grafoanaliticheskikh modelej «Uzel-Funkcija-Ob'ekt» / O.A. Zimovec, S.I. Matorin ; NIU BelGU // Iskustvennyj intellekt i prinjatje reshenij. - 2012. - № 1. S. 95–102.

11. Маторин С.И., Попов А.С., Маторин В.С. Моделирование организационных систем в свете нового подхода «Узел-Функция-Объект» // НТИ. Сер.2. – 2005. – N1. – С. 1–8.

Matorin S.I., Popov A.S., Matorin V.S. Modelirovanie organizacionnyh sistem v svete novogo podhoda «Uzel-Funkcija-Ob'ekt» // NTI. Ser.2. – 2005. – N1. – S. 1–8.