

Использование общесистемного тезауруса как основы интеллектуального пользовательского интерфейса системы распределенного семантического поиска

А. В. Маслобоев, П. А. Ломов

В статье рассмотрена проблема использования общесистемного расширяемого тезауруса как основы интеллектуального интерфейса информационной системы распределенного семантического поиска. Предложено расширенное элементами онтологии DOLCE и метасвойствами определение разделяемого тезауруса. Разработана технология формирования запроса на основе правил определения возможных вариантов его усложнения, что позволяет использовать тезаурус в качестве основы для разработки интеллектуального пользовательского интерфейса.

Ключевые слова: информационная система, онтология, тезаурус, семантическая интеграция информации, формирование запроса, интеллектуальный пользовательский интерфейс.

1. Введение

Важным аспектом создания информационных систем распределенного семантического поиска является разработка интеллектуального пользовательского интерфейса, обеспечивающего эффективный диалог пользователя с системой. Основной проблемой при этом является обеспечение поддержки пользователя на протяжении всей процедуры формирования запросов, что в результате должно приводить

к наиболее полному выражению семантики того, что пользователь желает запросить. Результативность решения данной задачи во многом определяет степень интеллектуальности интерфейса и требует в первую очередь достаточно тесной его интеграции с системой понятий предметной области.

На сегодняшний день существует несколько подходов направленных на создание интеллектуального пользовательского интерфейса для реляционных баз данных [1, 2, 3]. Среди их недостатков, согласно [4], выделяют: отсутствие правил логического вывода, позволяющих получить новое знание, вытекающее из хранимых фактов, невозможность использования метаинформации и запросов, дающих приближенный результат, подстраивание системы под конкретного пользователя на основе истории взаимодействия с ним и другие.

Среди современных концепций можно также выделить подходы, использующие в своей основе динамическую фасетную классификацию понятий для поддержки пользователя в процессе формулировки запроса [5, 6]. Это позволяет использовать простые правила уточнения запроса на каждом шаге его формирования, но так как сама фасетная классификация достаточно слабо отражает все разнообразие связей между объектами предметной области, то возможности такого уточнения достаточно ограничены.

Наиболее перспективными являются подходы, направленные на создание пользовательского интерфейса на основе формальной онтологической модели, содержащей понятия и концепты, в которые отображаются элементы данных, хранящихся в различных гетерогенных источниках [7, 8, 9]. В этом случае онтология используется как система связанных между собой понятий предметной области, в которой, как правило, пользователь ориентируется. Это дает возможность пользователю оперировать известными ему терминами, осуществлять экстенциональную и интенциональную навигацию между ними и итеративно формировать сложный запрос, внося в него дополнительные объекты поиска и определяя ограничения. В итоге это приводит к формулировке запроса, наиболее точно отражающего семантику сложного объекта поиска. Также пользователи имеют возможность ознакомиться с предметной областью без совершения запросов, для более ясного виденья контекста того или иного терми-

на, определяемого его иерархическим положением и взаимосвязями с другими терминами. Однако такие подходы часто опираются на единую онтологию, задающую общую семантику понятий, описываемых в различных информационных источниках, что соответствует централизованному подходу к интеграции информации с использованием онтологий, имеющему некоторые недостатки [10]. Для их устранения было предложено использовать разновидность гибридного подхода к семантической интеграции с использованием расширяемого общесистемного тезауруса. Однако тезаурус в меньшей степени отражает формальную семантику понятий, в сравнение с единой онтологией, что снижает его возможности в отношении поддержки пользователя при поиске информации. На решение данной проблемы и направлена настоящая работа.

В работе рассматриваются вопросы, связанные с использованием общесистемного расширяемого тезауруса как основы интеллектуального интерфейса информационной системы распределенного семантического поиска. Предлагается расширенное элементами онтологии DOLCE и метасвойствами определение разделяемого тезауруса, позволяющее сохранить понятийную семантику и обеспечивающее повышение уровня его выразительности. Описывается процесс формирования запроса на основе правил определения возможных вариантов его усложнения, что позволяет использовать тезаурус в качестве основы для разработки интеллектуального пользовательского интерфейса.

Методологическую основу работы представляют исследования отечественных и зарубежных ученых в следующих направлениях: онтологическое моделирование — Н. Гуарино, К. Велти, Т. Груббер, А.С. Клецев, И.Л. Артемьева, Т.А. Гаврилова, Н. Ной; семантическая интеграция данных и информационный поиск — Л.А. Калинин, М.Р. Когаловский, В.А. Серебряков, В.А. Виттих; машинное обучение и математическая логика — Д.А. Поспелов, Г.С. Осипов, Б.В. Добров, В.Ф. Хорошевский, Н.В. Лукашевич, С.Д. Кузнецов, А.В. Смирнов; семантическая паутина (Semantic Web) — Т. Бернерс-Ли, Д. МакГиннесс, Ф. Баадера, и других.

2. Расширения тезауруса концептами DOLCE и метасвойствами OntoClean

В общем случае тезаурус можно определить как словарь терминов, связанных определенным набором семантических отношений (синонимия, гипонимия, родовая связь). Однако в данной работе понятие тезауруса не в полной мере соответствует общепринятому и расширяет его определением дополнительных ограничений и взвешенных отношений. Тезаурус позиционируется как каноническая модель для осуществления семантической интеграции, представленная в работе [7].

Одной из основополагающих задач тезауруса является определение отношений между понятиями различных онтологий, однако для этого часто необходима дополнительная семантика, которую нельзя отразить, используя существующее определение тезауруса. Также наличие малого количества основных видов связей между элементами снижает выразительные возможности тезауруса, как основы для интеллектуальной системы формирования запросов. Эти недостатки связаны с тем, что тезаурус можно в большей степени отнести, к онтологическим моделям представления [8], ориентированным на представление знаний, а не того смыслового содержимого понятий предметных областей и отношений между ними, которые можно использовать при установлении семантической близости понятий.

Данную проблему можно решить путем определения некоего общего основания, способного отразить фундаментальные смысловые особенности понятий любой предметной области или задачи, и в то же время не накладывающей ограничений на смысловое содержание понятий предметной области. Способом реализации такого подхода является использование онтологий верхнего уровня, включающие понятия и отношения, которые можно выделить в каждой онтологии, и поэтому рассматривать данные онтологии, как некое общее основание, полагаясь на которое выполнять анализ предметной области для определения ее понятий и ее последующее моделирование. Включение же элементов таких онтологий в определение разделяемого тезауруса позволит в большей степени сохранить исходную семантику терминов при их добавлении в тезаурус, с большей точностью опре-

делить и обосновать смысловую близость или ее отсутствие между понятиями, формально определить базовые понятия предметной области их основные атрибуты, задать правила вывода, используемые для выявления скрытых отношений, а также позволит упростить разработку и обеспечить высокую степень правильности создания онтологических спецификаций исходных информационных ресурсов.

В качестве онтологии верхнего уровня или мета-онтологии авторами настоящей работы было предложено использовать онтологию DOLCE (Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering) [9]. Использование именно этой онтологии объясняется ее ориентацией на различные социальные субъекты, объекты и процессы, такие как организации, коллективы, планы и нормы.

Для отображения основных понятий онтологии DOLCE необходимо определить их принадлежность к типам объектов тезауруса, при этом необходимо учитывать семантику, заложенную в них, для обеспечения непротиворечивости при отображении. Необходимо также отметить, что, несмотря на то, что данная онтология верхнего уровня получена в результате исследования метасвойств общих для понятий различных предметных областей, сами метасвойства непосредственно в ней не представлены. С этой целью, наряду с концептами DOLCE, можно включить в тезаурус новые элементы, соответствующие метасвойствам методологии OntoClean [10], и впоследствии использовать их для аннотирования понятий или отношений между ними.

Рассмотрим основные концепты DOLCE — абстрактный (abstract), длящийся (endurant), постоянный (perdurant) объект, они являются подклассами концепта «Частность» (particular), обозначающим любую сущность. Исходя из этого, их можно представить объектами тезауруса, являющимися прямыми гипонимами объекта «Сущность» — *o*, гипернима всех объектов тезауруса:

$$\begin{aligned} prd &= \langle \text{«Perdurant»}, A_{prd} \rangle, & prdHPo, \\ abs &= \langle \text{«Abstract»}, A_{abs} \rangle, & absHPo, \\ end &= \langle \text{«Endurant»}, A_{end} \rangle, & endHPo. \end{aligned}$$

Для определения метасвойств предлагается включить в определение тезауруса функции, отображающие множества его элементов на мно-

жества значений. Для этого определим следующие функции, соответствующие метасвойствам методологии OntoClean:

$$RG : O \cup C \rightarrow \{\langle \text{rigid} \rangle, \langle \text{non-rigid} \rangle, \langle \text{antirigid} \rangle\} -$$

функция, соответствующая свойству «Стойкость» (Rigid);

$$UN : C \cup O \rightarrow \{\langle \text{un} \rangle, \langle \text{non-unity} \rangle\} -$$

функция, определяющая значение свойства «Единство» (Unity).

Данные значения применимы к понятиям онтологии, а не к свойствам, так как в методологии OntoClean они определяют неизменность значимого свойства (essential property) класса, которое, как правило, непосредственно не указывается, и считается указанием на неизменность членства экземпляров в данном классе. Исходя из этого, значение «antirigid» можно использовать для определения концептов-ролей какого-либо объекта, например, классы «Несовершеннолетний» и «Совершеннолетний» могут иметь значение свойства «antirigid», так как их экземпляры, имеющие существенное свойство — определенный возраст, теряют его со временем, что в последствии может привести к разрыву отношений членства с данными классами.

Аналогично свойству «Стойкость» применяется к понятиям онтологии, так как атрибут понятия, через который оно проявляется, как правило, явно не указывается.

$$ID : C \cup O \cup A \cup P \rightarrow \{\langle \text{id} \rangle, \langle \text{non-id} \rangle\} -$$

функция, определяющая значение свойства «Идентифицируемость» (Identity).

$$DP : C \cup O \cup A \cup P \rightarrow \{\langle \text{dep} \rangle, \langle \text{non-dep} \rangle\} -$$

функция, определяющая значение свойства «Зависимость» (Dependence).

Наличие свойств идентифицируемости и/или зависимости у классов онтологии или объектов тезауруса определяется вследствие наличия аналогичных значений метасвойств у одного или нескольких

атрибутов класса или свойства объекта, характеризующих данный класс или объект. Например, если в тезаурусе объект «Автомобиль» определяется как идентифицируемый, если существует свойство, сопряженное с ним, являющееся идентифицирующим, например, «имеет номерной знак».

$$ES : A \cup P \rightarrow \{\langle \text{«ess»}, \langle \text{«non-ess»} \rangle\} —$$

функция, определяющая значение свойства «Существенность» (Essential), определена на множестве атрибутов понятий из онтологий.

Рассмотрим далее вопрос включения понятия качества (quality) онтологии DOLCE. Заметим, что в тезаурусе изначально задан элемент типа «Свойство» — *s*, который выступает как гиперним для всех атрибутов, использованных в различных онтологиях, включаемых в тезаурус, поэтому данный элемент можно считать эквивалентным качеству, так как они оба являются частностями (particular) и имеют сходный смысл. Соответственно подклассы качества (quality): абстрактное (abstract), физическое (physical) и временное (temporal) качество будут представлены гипонимами свойства тезауруса:

$$\begin{aligned} pabs &= \langle \langle \text{«abstract-quality»}, A_{pabs} \rangle, pabsHPc, \\ pphs &= \langle \langle \text{«physical-quality»}, A_{pphs} \rangle, pphsHPc, \\ ptmp &= \langle \langle \text{«temporal-quality»}, A_{ptmp} \rangle, ptmpHPc. \end{aligned}$$

Концепт «Область» (region) семантически соответствует элементу тезауруса «Значение свойства» поэтому каким-либо образом дополнительно не определяется. Элемент «Атомарное значение», в свою очередь, соответствует концепту значение (quale).

Отображение в тезаурусе отношений между концептами онтологии DOLCE осуществляется определением дополнительных отношений на множествах элементов тезауруса, соответствующих отношениям партиципации (participateIn), меронимии (partOf), зависимости (dependOn), составления (consituentOf), а также их временными (temporal) и пространственными (spatial) разновидностями. Это обусловлено тем, что данные отношения применимы к понятиям любой предметной области и могут быть использованы для связывания элементов, представляющих их в тезаурусе.

Оставшиеся концепты онтологии DOLCE могут быть включены в тезаурус как гипонимы его объектов и свойств в соответствии со своим иерархическим положением.

3. Использование тезауруса для формирования запросов

Основной задачей формулировки пользовательского запроса является как можно более полное и точное определение объекта поиска с помощью элементов тезауруса. Впоследствии это будет играть важную роль в получении результатов, в достаточной степени релевантных той информации, которую намеревался найти пользователь.

Процедура формулировки пользовательских запросов начинается с определения начального или предполагаемого объекта поиска путем его выбора из множества объектов тезауруса. Далее пользователю предлагаются как объекты, связанные с начальным различными явными отношениями так и близкие в отношении семантики объекты, тем самым представляя различные контексты проведения поиска, выбор которых позволит более точно передать семантику запроса для получения в итоге более релевантных результатов. В процессе формирования запроса пользователь также накладывает различные ограничения на литеральные свойства объекта. На следующем этапе сложный запрос разбивается на некоторый набор простых запросов, содержащих объекты, свойства и ограничения и адресованных к тем онтологиям, в которых определены соответствующие концепты и отношения.

Простой запрос является атомарной составляющей более сложных запросов. Он задается к онтологии N , в которой определены его составляющие, и характеризуется указанием одного объекта t с определением ограничений на его литеральные свойства в виде множества пар «свойство» — «ограничение»:

$$SQ(t) = \langle t, \{ \langle p_j, v_j \rangle \} \rangle,$$

где $tPRp_j, p_jVLv_j, N \in (A_t \cap A_{p_j} \cap A_{v_j})$. Граф простого запроса может быть представлен как на рис. 1.

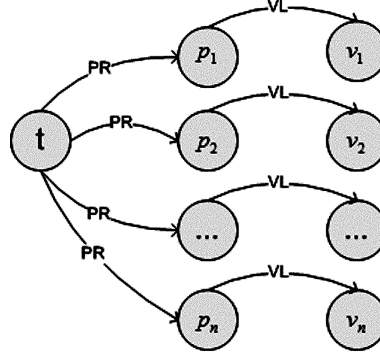


Рис. 1. Граф простого запроса.

Результатом выполнения запроса будет множество экземпляров из онтологии исходного информационного ресурса, значения свойств которых удовлетворяют ограничениям, заданным в запросе на объект поиска:

$$Ans(SQ(t)) = \{d_i : d_i ISA c(t) \vee L_{d_i}(r(p_j)) \in v_j\},$$

где $ISA \subseteq (E \times C)$ — родовое отношение онтологии между элементами множества понятий C и элементами множества экземпляров E , $c(t)$ — понятие онтологии соответствующее объекту тезауруса, $r(p_j)$ — атрибут в онтологии, соответствующий j -му свойству объекта t в тезаурусе, $L_{d_i}(r)$ — значение свойства r экземпляра d_i .

Каждый отдельный экземпляр онтологии является парой, включающей некий внутренний идентификатор и набор значений свойств класса, потомком которого экземпляр является:

$$d = \langle ident, \{ \langle r_i(p_i), L(r_i) \rangle \} \rangle,$$

где $ident$ — внутренний идентификатор, например, http://www.owl-ontologies.com/ont_zags_1.3.owl#prsn01.

На этапе формирования простой запрос может быть расширен дополнительными объектами, связями, свойствами и ограничениями, как в глубину так и в ширину, в зависимости от необходимости более точного определения или от расширения контекста объекта поиска.

Расширение в глубину простого запроса можно также назвать запросом с учетом объектных свойств, который характеризуется поиском объекта, определяемого другими объектами, вступающими с ним в определенные отношения. Данный вид запросов имеет вид:

$$DQ(t) = \langle t, \{ \langle p_i, SQ_i(b_i) \rangle \} \rangle,$$

где $tPRp_i, b_iVLp_i, (A_t \cap A_b \cap A_{p_i}) \neq \emptyset$.

Граф запроса можно представить как на рис. 2.

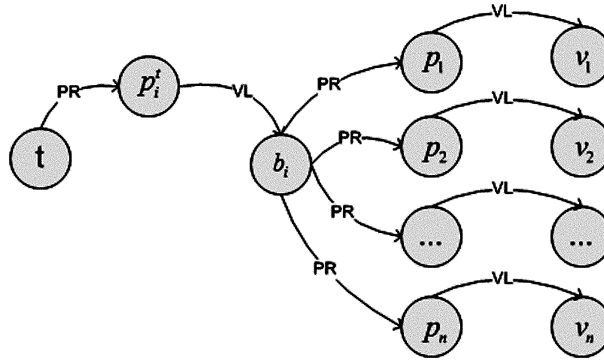


Рис. 2. Расширение в глубину простого запроса.

Однако в этом случае при формировании запроса необходимо учесть возможность наличия у объекта b_i набора свойств из тех онтологий, в которых не определен объект t в этом случае задавать ограничения на них при формировании запроса имеет смысл только когда их онтологии включают хотя бы одно, отличное от них, свойство — k или его синоним из онтологии t , полученное значение которого позволит использовать результаты выполнения вложенного простого запроса для поиска объекта b_i и, далее, связанного с ним объекта t (рис. 3).

Условие связности запросов. Для выполнимости запроса $DQ(t) = \langle t, \{ \langle p_i^t, SQ_i(b_i) \rangle \} \rangle$, где $SQ_i(b_i) = \langle b_i, \{ \langle p_j^b, v_j \rangle \} \rangle$, по поиску объекта t по заданному набору ограничений на свойства p_j объекта b_i необходимо выполнение следующего условия:

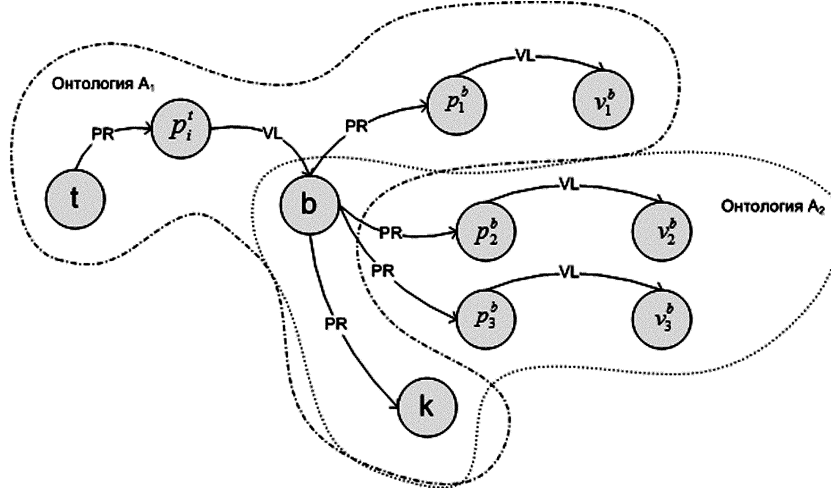


Рис. 3. Условие наличия объединяющего свойства k при расширении в глубину запроса.

$$\{p_j^b | (b_i PR p_j^b) \wedge (A_{p_j^b} \cap A_t \neq \emptyset)\} = \emptyset \rightarrow \\ \rightarrow \exists k | (b_i PR k) \wedge ((A_k \cap A_t \neq \emptyset) \vee ((sSYNk) \vee (A_s \cap A_t \neq \emptyset)))$$

Помимо этого условия, которое необходимо соблюдать, для обеспечения выполнимости запроса можно также сформулировать правила вывода, позволяющие формировать динамические связи на этапе построения и выполнения запроса.

Правило транзитивной идентификации. В случае наличия у некоторого объекта t идентифицирующего свойства p_{id}^t , значением которого является другой объект — b , также имеющий идентифицирующее свойство p_{id}^b , то в этом случае между свойством p_{id}^b и объектом b формируется динамическая связь принадлежности свойства объекту (рис. 4). Таким образом, пользователь имеет возможность сразу задать ограничение на свойство p_{id}^b без перехода к обзору свойств объекта b . Разумеется в случае наличия более длинной

цепочки объектов, идентифицирующих друг друга, все их идентифицирующие свойства динамически прикрепляются к первому.

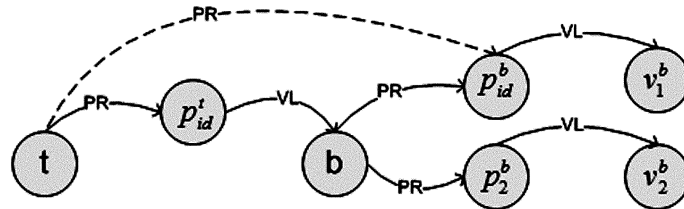


Рис. 4. Правило транзитивной идентификации.

Формально правило транзитивной идентификации имеет вид:

$$(tPRp^t) \vee (p^tVLb) \vee (bPRp^b) \vee (ID(p^t) = \langle id \rangle) \vee (ID(p^b) = \langle id \rangle) \rightarrow tPRp^b.$$

Правило транзитивности свойств синонима. В случае наличия у объекта t связи с объектом b , имеющим в свою очередь синоним — объект f , между b и свойствами f устанавливаются динамические связи принадлежности (рис. 5).

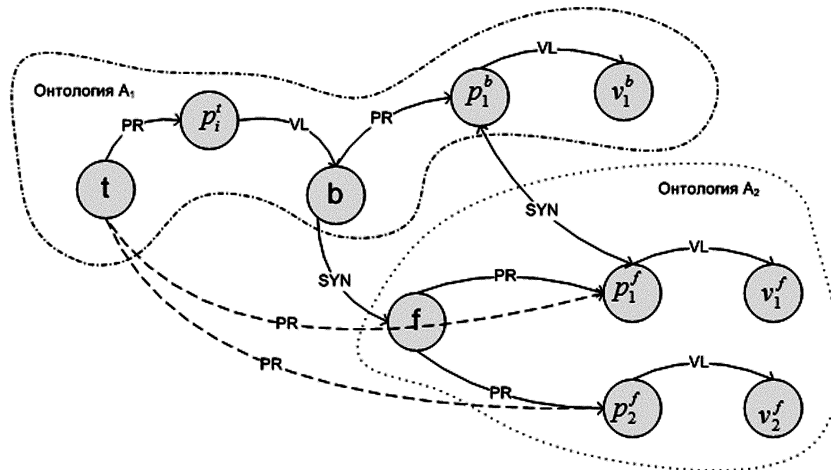


Рис. 5. Правило транзитивности свойств f — синонима t .

Формально правило транзитивности свойств синонима можно записать в виде:

$$(tPRp_i^t) \vee (p_i^tVLb) \vee (bSYNf) \vee (fPRp_i^f) \rightarrow tPRp_i^f,$$

где для объектов t и f выполняется условие связности запросов.

Правило партисипативной/партономической идентификации. Данное правило может быть использовано в следующих случаях:

1. Объект может быть идентифицирован посредством указания значений идентификационных значений его объектов-частей или объектов-участников (рис. 6).

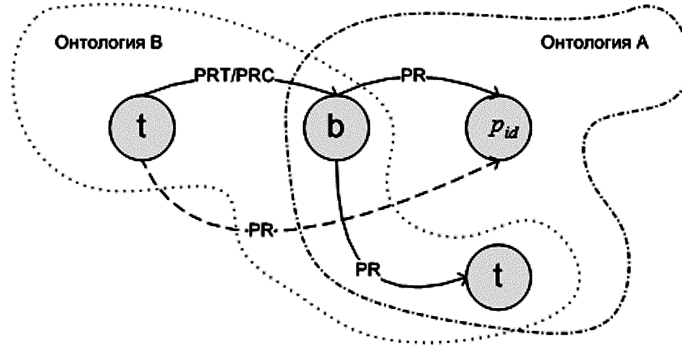


Рис. 6. Правило партисипативной/партономической идентификации через объект-часть или объект-участник.

Формально данное правило выглядит следующим образом:

$$(tPRTb) \wedge (bPRp) \wedge (ID(p) = \langle id \rangle) \wedge \\ \wedge (bPRk) \wedge (ID(k) = \langle id \rangle) \wedge (A_k \cap A_t \cap A_b \neq \emptyset) \rightarrow tPRp -$$

правило партономической идентификации объекта t через его часть — объект b ;

$$(tPRCb) \wedge (bPRp) \wedge (ID(p) = \langle id \rangle) \wedge \\ \wedge (bPRk) \wedge (ID(k) = \langle id \rangle) \wedge (A_k \cap A_t \cap A_b \neq \emptyset) \rightarrow tPRp -$$

правило партисипативной идентификации объекта t через его участника — объект b .

2. Объект-часть или объект-участник может быть идентифицирован через объект, частью которого он является или участвует, посредством указания значений идентификационных свойств других частей или участников (рис. 7).

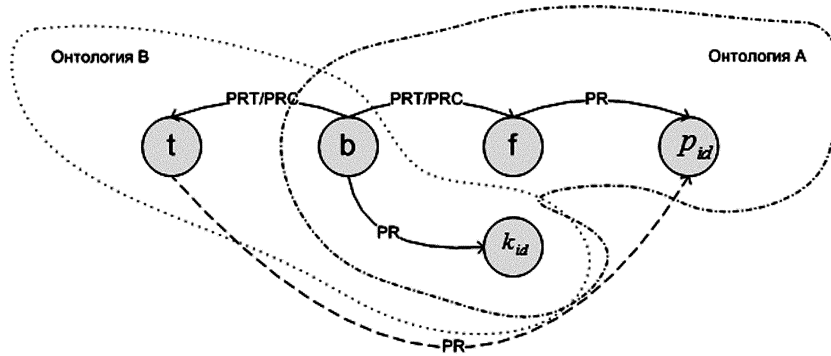


Рис. 7. Правило партисипативной/партономической идентификации объекта-части или объекта-участника посредством других частей или участников.

Формально данное правило можно записать следующим образом:

$$(bPRTt) \wedge (bPRTf) \wedge (fPRp) \wedge (ID(p) = \langle id \rangle) \wedge \\ (bPRk) \wedge (ID(k) = \langle id \rangle) \wedge (A_k \cap A_t \cap A_b \neq \emptyset) \rightarrow tPRp$$

Необходимо заметить, что применение данного правила требует введения дополнительного ограничения, наряду с условием связности запросов по свойству k , в отношении того, что оно должно также быть идентифицирующим. Однако такое ограничение определяется в случае нахождения объектов b и f в разных онтологиях. Если же объекты b и f находятся в одной онтологии A , то роль связующего свойства выполняет внутренний идентификатор найденного экземпляра концепта b .

Перечисленные правила приводят к расширению запроса в глубину, но в данном случае это производится неявно, что при практиче-

ском использовании позволяет повысить интеллектуальность интерактивного конструктора запросов, путем использования метаинформации и логического вывода, что в свою очередь облегчает работу пользователя с системой.

Расширение запроса в ширину происходит путем определения дополнительных объектов поиска из числа тех, которые входят во множество синонимов и ассоциаций. При этом пользователю, помимо самих объектов отображаются также их гиперонимы, что позволяет представить контекст использования того или иного синонима или ассоциации и помогает пользователю расширить множество объектов поиска более осознанно (рис. 8).

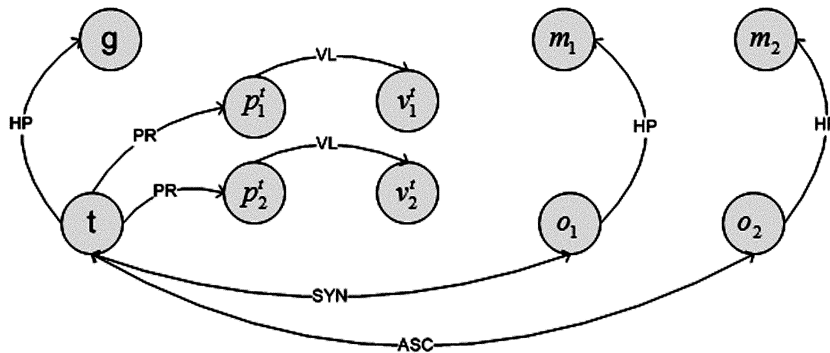


Рис. 8. Расширение запроса в ширину синонимами и ассоциациями.

Далее по каждому отобранному объекту проводится при необходимости процесс расширения запроса в глубину, правила которого были рассмотрены ранее.

Таким образом расширение запроса по поиску начального объекта t в ширину можно определить, как множество простых запросов, объекты поиска которых имеют связи синонимии и ассоциации между собой:

$$EXQ(t) = SQ(t) \cup \{ \langle o_i | (o_i ASC t \wedge WS(o_i, t) > \underline{WS}) \vee \\ \vee (o_i SYN t), \{ \langle p_j^i | o_i PR p_j^i, v_j^i | p_j^i VL o_i \rangle \} \} \}$$

где $SQ(t)$ — простой запрос.

4. Практическая реализация

Для практической реализации представленных в работе результатов использованы технологии Semantic Web. В частности, общесистемный тезаурус был разработан с использованием языка SKOS (Simple Knowledge Organization System), который является подмножеством языка RDF и используется для создания моделей, выражающих базовую структуру и содержимое концептуальных схем, таких как тезаурусы, классификационные схемы, списки именованных объектов, таксономий и других подобных типов словарей. Так как SKOS не может в полной мере отобразить все элементы тезауруса в связи с тем, что предоставляет собой легковесный язык концептуального моделирования, то некоторые элементы отображаются с помощью языка веб-онтологий OWL. В результате, расширенный тезаурус представляется как OWL-Full онтология. В качестве низкоуровневого языка запросов, в которые транслируются запросы в терминах тезауруса, был использован SPARQL, представляющий язык запросов к RDF документам, а также протокол обмена RDF данными. Использование технологий Semantic Web, большинство из которых является стандартами в области оперирования семантическими метаданными, позволяет избежать проблем интероперабельности на синтаксическом и системном уровне и дает возможность использовать разработанные модели и технологию в широком диапазоне других систем.

5. Заключение

В работе рассмотрена проблема использования общесистемного расширяемого тезауруса в качестве основы интеллектуального интерфейса информационной системы распределенного семантического поиска. В ходе проведенных исследований были получены следующие основные результаты:

- 1) Предложено расширенное элементами онтологии DOLCE и метасвойствами определение разделяемого тезауруса, позволяющее сохранить понятийную семантику, тем самым повысить уровень выразительности тезауруса.
- 2) Разработана технология формирования запроса на основе правил определения возможных вариантов его усложнения, что позволя-

ет использовать тезаурус в качестве основы для разработки интеллектуального пользовательского интерфейса информационных систем распределенного семантического поиска.

Новизна полученных результатов заключается в том, что при формировании запроса используются не только онтологические отношения между объектами предметной области, но также и их отношения, определяемые в контексте онтологии верхнего уровня и наличия у них определенных метасвойств, что позволяет вводить в запрос понятия и атрибуты разных онтологий. Это является существенным результатом в направлении решения проблемы семантической интеграции информации. Расширение тезауруса концептами и отношениями онтологии верхнего уровня и метасвойствами обеспечило также возможность дальнейшего совершенствование методики оценки близости терминов в отношении введения критерия сходства на основе их понятийной семантики [11].

Полученные результаты могут найти широкое применение при решении практических задач, связанных с семантической интеграции информации, построении онтологических моделей предметных областей и задач, семантическим поиском и разработкой интеллектуального пользовательского интерфейса.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08-07-00301-а «Разработка информационной технологии и распределенной информационно-аналитической среды поддержки инновационной деятельности»).

Список литературы

- [1] Обухова О. Л., Бирюкова Т. К., Гершкович М. М., Соловьев И. В., Чочиа А. П. Метод динамического создания связей между информационными объектами базы знаний // Труды XI Всерос. науч. конф. Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. С. 39–45.
- [2] Песков Д. Н., Каберник В. В., Михеев А. Н., Афонцев С. А. Динамическая фасетная классификация (MGI-классификация) и ее

- применение к задачам управления знаниями в вузе // Режим доступа: http://www.mgimionics.com/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=98
- [3] Catarci T., Dongilli P., DiMascio T., Franconi E., Santucci G., Tessaris S. An Ontology-based Visual Tool for Query Formulation Support // Proc. of the 16th Europ. Conf. on Artificial Intelligence. 2004.
 - [4] Bechhofer S., Stevens R., Ng G., Jacoby A., Goble C. Guiding the user: An ontology driven interface // UIDIS. 1999. P. 158–161.
 - [5] Feikje H., Chris M., Peter E. Evaluating an Ontology-Driven WYSIWYM Interface // Proceedings of the Fifth International Conference on Natural Language Generation. 2008. P. 138–146.
 - [6] Ломов П. А., Шишаев М. Г. Интеграция данных на основе онтологий для обеспечения информационной поддержки управленческих решений // Труды Института системного анализа РАН. Т. 39. М: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2008. С. 159–173.
 - [7] Ломов П. А., Шишаев М. Г. Разработка метода семантической интеграции информации в сфере государственного и муниципального управления // Труды XI Всерос. науч. конф. «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. С. 78–86.
 - [8] Добров Б. В., Иванов В. В., Лукашевич Н. В., Соловьев В. Д. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения: учебное пособие. М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
 - [9] Masolo C., Borgo S., Gangemi A., Guarino N., Oltramari A., Schneider L. DOLCE: a Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering // DOLCE documentation. Режим доступа: <http://www.loa-cnr.it/DOLCE.html>
 - [10] Guarino N., Welty C. An overview of OntoClean // Staab S., Studer R. (Eds) Handbook on Ontologies. Berlin: Springer, 2004. P. 151–172.
 - [11] Скворцов Н. Специфика подходов к отображению онтологий // Труды семинара «Знания и Онтологии *ELSEWHERE* 2009». М., 2009. С. 91–103.