

Онтологическое моделирование ЧТО-знаний посредством ORM2- диаграмм и разрабатываемого Protege-плагина

Д.В. Литовкин, А.В. Аникин, О.А. Сычев

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

Аннотация: Для тиражирования знаний они должны быть представлены в явной форме, понятной как человеку, так и компьютеру. В работе предложен подход онтологического моделирования ЧТО-знаний, который позволяет представлять знания одновременно а) в виде визуальной модели (ORM2-диаграммы), понятной человеку, и б) OWL2-онтологии, понятной компьютеру. Для перехода от одной формы представления знаний к другой предлагается использовать онтологические паттерны. Для автоматизации этого подхода разрабатывается плагин для системы Protege. В работе дано функциональное и структурное описание плагина, приведены примеры его использования.

Ключевые слова: ЧТО-знания, представление знаний в явной форме, онтологическое моделирование, онтология, визуальная модель, промежуточная модель, онтологический паттерн, ORM2-диаграмма.

Введение

ЧТО-знания – это знания о некоторой предметной области, которые отвечают на следующие квалификационные вопросы (competency questions) [1]: “Что это?”, “Какие бывают разновидности объекта?”, “Из каких частей состоит объект?”, “Что умеет делать объект?” и т.д. Одним из способов представления таких знаний является онтология. Как указано в [2], под онтологией понимается формальная спецификация понятий и отношений, которые характеризуют определенную область знаний. Преимуществом онтологий в качестве способа представления знаний является их формальная структура, которая упрощает их компьютерную обработку [3]. Чтобы онтология могла отвечать на указанные квалификационные вопросы, она должна обладать высокой степенью формализованности, т.е. относиться к категории “полностью аксиоматизированная теория” или хотя бы “понятийная структура с произвольным набором отношений” [2].

Построение онтологии, удовлетворяющей критериям полноты, корректности, когнитивности [4] и высокой степени формализации, затруднительно для человека. Для облегчения этого процесса можно использовать следующие методы онтологического моделирования.

Первый метод моделирования – использование промежуточной визуальной модели [1, 5] – предполагает представление знаний эксперта в виде визуальной модели; оценку визуальной модели на полноту и корректность (как экспертом, так и с помощью метрик); совершенствование модели и ее отображение (mapping) в онтологию.

Второй метод моделирования – использование онтологических паттернов [6, 7, 8] – предполагает формулировку задачи моделирования в виде набора квалификационных вопросов; поиск онтологического паттерна, обеспечивающего ответы на предъявляемые квалификационные вопросы; и адаптацию онтологического паттерна к решаемой задаче моделирования.

Использование ORM2-диаграммы как промежуточной модели для онтологического моделирования ЧТО-знаний

Нами используется комбинация указанных методов моделирования – она предполагает представление знаний эксперта в виде визуальной модели; оценку визуальной модели на полноту и корректность; совершенствование модели и ее отображение в онтологию согласно онтологическим паттернам (правилам отображения), которые транслируют каждый элемент визуальной модели в высказывания для онтологии.

В [9] представлен подход онтологического моделирования с использованием ORM2-диаграммы (Object-Role Modeling) [10] в качестве

промежуточной модели и последующим отображением ее в OWL2-онтологию (Web Ontology Language) [11]. ORM2-диаграмма – это визуальная модель, которая порождается как результат объектно-ролевого моделирования (Object-Role Modeling) предметной области. Достоинствами ORM2-диаграммы являются ее большие выразительные возможности и использование подхода “свободных” атрибутов [12], что позволяет описывать больше ограничений, которые имеются в предметной области, например, ограничения уникальности, обязательности и сравнения для ролевых отношений, а также ограничения для отношения подтипа. На рис. 1 представлен пример ORM2-диаграммы, а на рис. 2 – словесное описание фактов, которые отражены на ней.

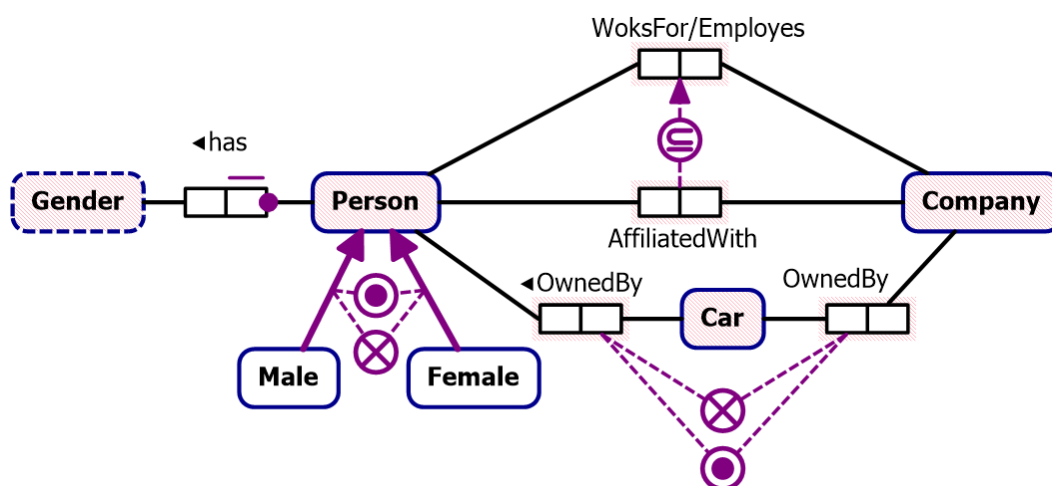


Рис. 1. – Пример ORM2-диаграммы

В [9] описаны онтологические паттерны (правила отображения) для представления фактов объектно-ролевого моделирования на языке OWL2. Примеры OWL2-паттернов показаны на рис. 3, а на рис. 4 представлен фрагмент OWL2-онтологии, созданный с помощью этих паттернов.

1. Существуют Люди (Person), Мужчины (Male), Женщины (Female), Компании (Company) и Автомобили (Car).
2. Существует Пол (Gender), который может быть только одним из возможных значений { Муж., Жен. } ({ M, F }).
3. Люди (Person), Компании (Company), Автомобили (Car) и Пол (Gender) несравнимы между собой.
4. Любой Человек (Person) это либо Мужчина (Male), либо Женщина (Female), но не оба сразу.
5. Каждый Человек (Person) обладает (has) ровно одним Полом (Gender).
6. Человек (Person) может быть Связан с (AffiliatedWith) Компанией (Company).
7. Человек (Person) может Работать на (WorksFor) Компанию (Company).
8. Если Человек (Person) Связан с (AffiliatedWith) Компанией (Company), то этот Человек (Person) Работает на (WorksFor) эту Компанию (Company).
9. Каждый Автомобиль (Car) Принадлежит (OwnedBy) либо Человеку (Person), либо Компании (Company), но не обоим сразу. Подробнее:
 - a. Автомобиль (Car) может Принадлежать (OwnedBy) Человеку (Person);
 - b. Автомобиль (Car) может Принадлежать (OwnedBy) Компании (Company);
 - c. Один и тот же Автомобиль (Car) не может Принадлежать (OwnedBy) Человеку (Person) и Компании (Company) в одно и тоже время;
 - d. Каждый Автомобиль (Car) должен Принадлежать (OwnedBy) либо Человеку (Person), либо Компании (Company), либо обоим сразу.

Рис. 2. – Вербализация фактов из ранее приведенной ORM2-диаграммы

Реализация онтологического моделирования посредством ORM2-диаграммы с использованием существующих инструментов

В настоящее время отсутствует программный инструментарий, позволяющий а) строить ORM2-диаграмму и отображать ее в OWL2-онтологию, и наоборот, б) на основе OWL2-онтологии строить визуальную модель в виде ORM2-диаграммы.

Мы с применением онтологических паттернов из [9] вручную построили OWL2-онтологию, описывающую знания, которые представлены на рис. 1-2, а затем отобразили ее с помощью известных инструментов OWLGrEd [13] и WebVOWL [14]. Как результат, получили визуальные модели, показанные на рис. 5-6.

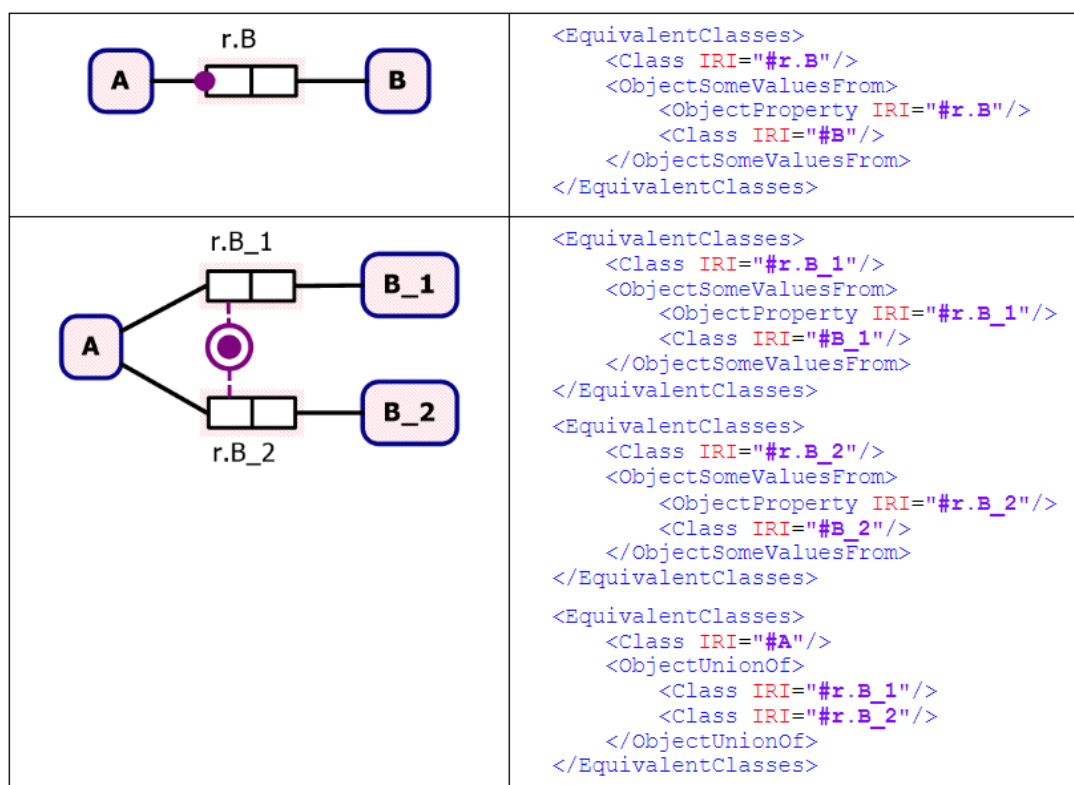


Рис. 3. – OWL2-паттерны для представления ограничения обязательности применительно к ролевым отношениям ORM2-диаграммы

Полученные визуальные модели отличаются от ORM2-диаграммы, показанной на рис. 1, по следующим причинам.

Во-первых, для того, чтобы OWL2-онтология могла отвечать на квалификационные вопросы, сформулированные выше, онтологические паттерны добавляют в нее “технологические” сущности и отношения, которые не являются частью предметной области. Например, в построенной нами онтологии (см. рис 4), создан класс “OwnedByP.Person”, который моделирует ограничение “обязательности” (mandatory) для отношения “OwnedBy”. Универсальные инструменты визуализации OWL2-онтологий (OWLGrEd и WebVOWL) интерпретируют этот класс как сущность предметной области, а не как ограничение на отношение.

<pre><Declaration> <Class IRI="#Person"/> </Declaration> <Declaration> <Class IRI="#Car"/> </Declaration> <Declaration> <Class IRI="#Company"/> </Declaration> <Declaration> <ObjectProperty IRI="#OwnedByC"/> </Declaration> <Declaration> <ObjectProperty IRI="#OwnedByP"/> </Declaration> <Declaration> <Class IRI="#OwnedByC.Company"/> </Declaration> <Declaration> <Class IRI="#OwnedByP.Person"/> </Declaration></pre>	<pre><EquivalentClasses> <Class IRI="#OwnedByC.Company"/> <ObjectSomeValuesFrom> <ObjectProperty IRI="#OwnedByC"/> <Class IRI="#Company"/> </ObjectSomeValuesFrom> </EquivalentClasses> <EquivalentClasses> <Class IRI="#OwnedByP.Person"/> <ObjectSomeValuesFrom> <ObjectProperty IRI="#OwnedByP"/> <Class IRI="#Person"/> </ObjectSomeValuesFrom> </EquivalentClasses> <EquivalentClasses> <Class IRI="#Car"/> <ObjectUnionOf> <Class IRI="#OwnedByC.Company"/> <Class IRI="#OwnedByP.Person"/> </ObjectUnionOf> </EquivalentClasses></pre>
---	---

Рис. 4. – Фрагмент OWL2-онтологии, представляющий некоторые факты из ранее приведенной ORM2-диаграммы

Во-вторых, инструменты визуализации умеют отображать только часть высказываний из OWL2-онтологии.

Поэтому актуальной задачей является создание инструмента, позволяющего а) строить ORM2-диаграмму и отображать ее в OWL2-онтологию с помощью онтологических паттернов (правил отображения), и б) распознавать в OWL2-онтологии экземпляры паттернов и визуализировать их в виде ORM2-диаграммы.

Функциональные требования к Protege-плагину

Нами решено создавать плагин к существующему редактору онтологий Protege [15], а не создавать автономное решение. Это обусловлено следующими причинами – онтологический редактор Protege:

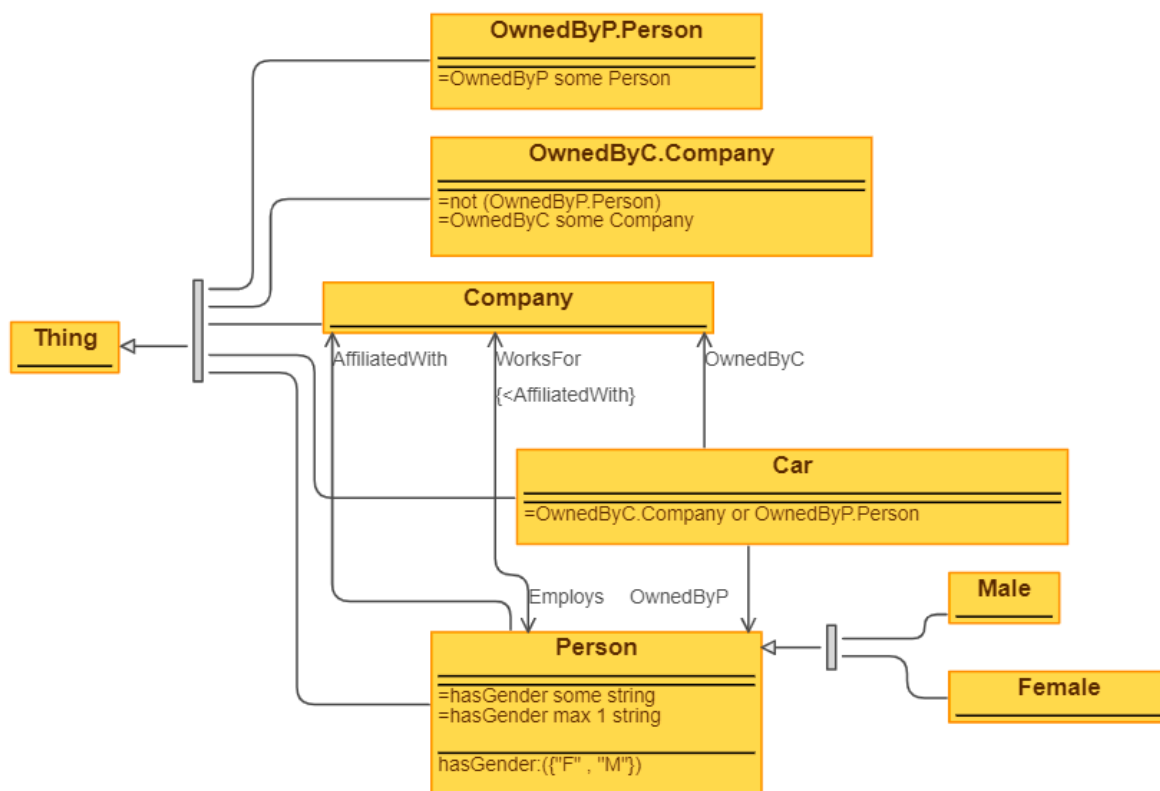


Рис. 5. – Визуальное представление OWL2-онтологии (содержащей ЧТО-знания), полученное посредством OWLGrEd

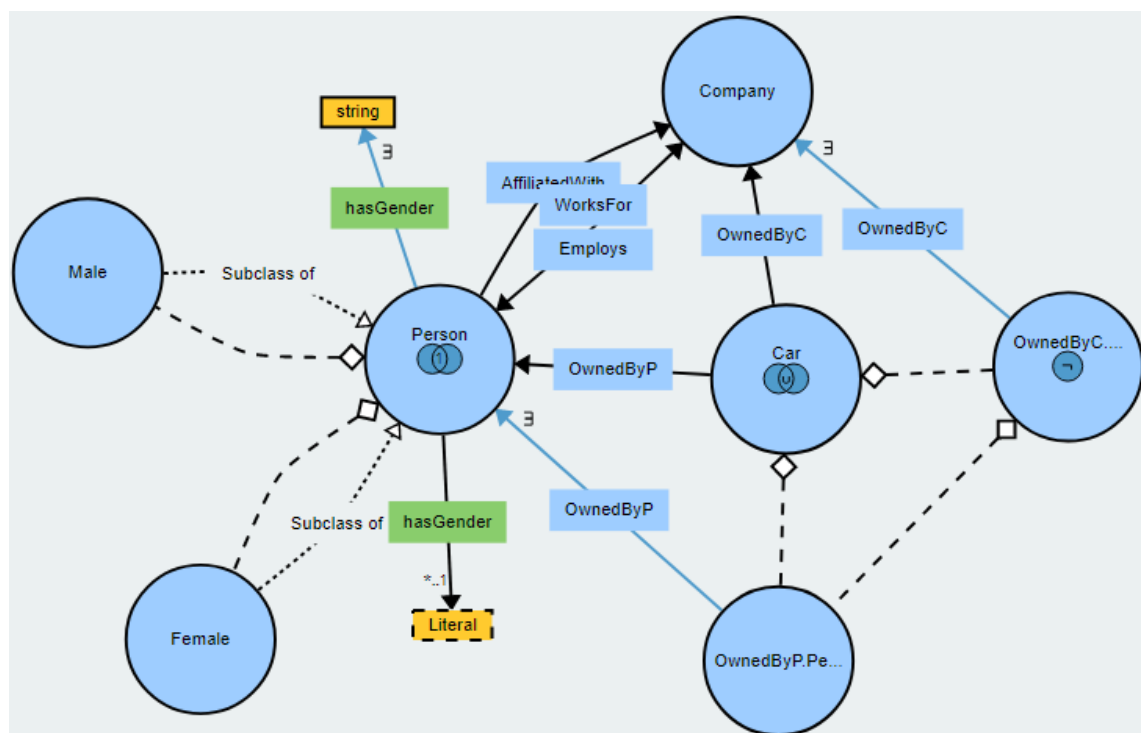


Рис. 6. – Визуальное представление OWL2-онтологии (содержащей ЧТО-знания), полученное посредством WebVOWL

- хорошо поддерживается, является бесплатным и потому широко используется для создания небольших и локально хранимых OWL2-онтологий;
- умеет сохранять и загружать OWL2-онтологии в различных нотациях (манчестерский синтаксис, функциональный синтаксис, синтаксис OWL/XML, синтаксис RDF/XML и т.д.);
- позволяет выводить новые знания, используя различные машины вывода;
- позволяет находить семантические ошибки, используя различные машины вывода;
- позволяет делать SparQL-запросы к OWL2-онтологиям.

На рис. 7 приведена функциональная структура разрабатываемого плагина. Плагин должен обеспечивать а) создание и редактирование ЧТО-знаний посредством построения ORM2-диаграммы и отображения ее в OWL2-онтологию и б) визуализировать ЧТО-знания в виде ORM2-диаграммы, извлекая экземпляры онтологических паттернов из OWL2-онтологии. Часть функций (на рис. 7 они выделены желтым цветом) уже реализует сам редактор онтологий Protege, остальные плагин должен реализовывать самостоятельно.

Структура Protege-плагина на уровне компонентов

На рис. 8 представлена структура Protege-расширения на уровне компонентов. Компонент ORM2_Diagram_Model реализует объектно-ориентированное представление ORM2-диаграммы в памяти компьютера и инкапсулирует правила построения ORM2-диаграммы как графа.

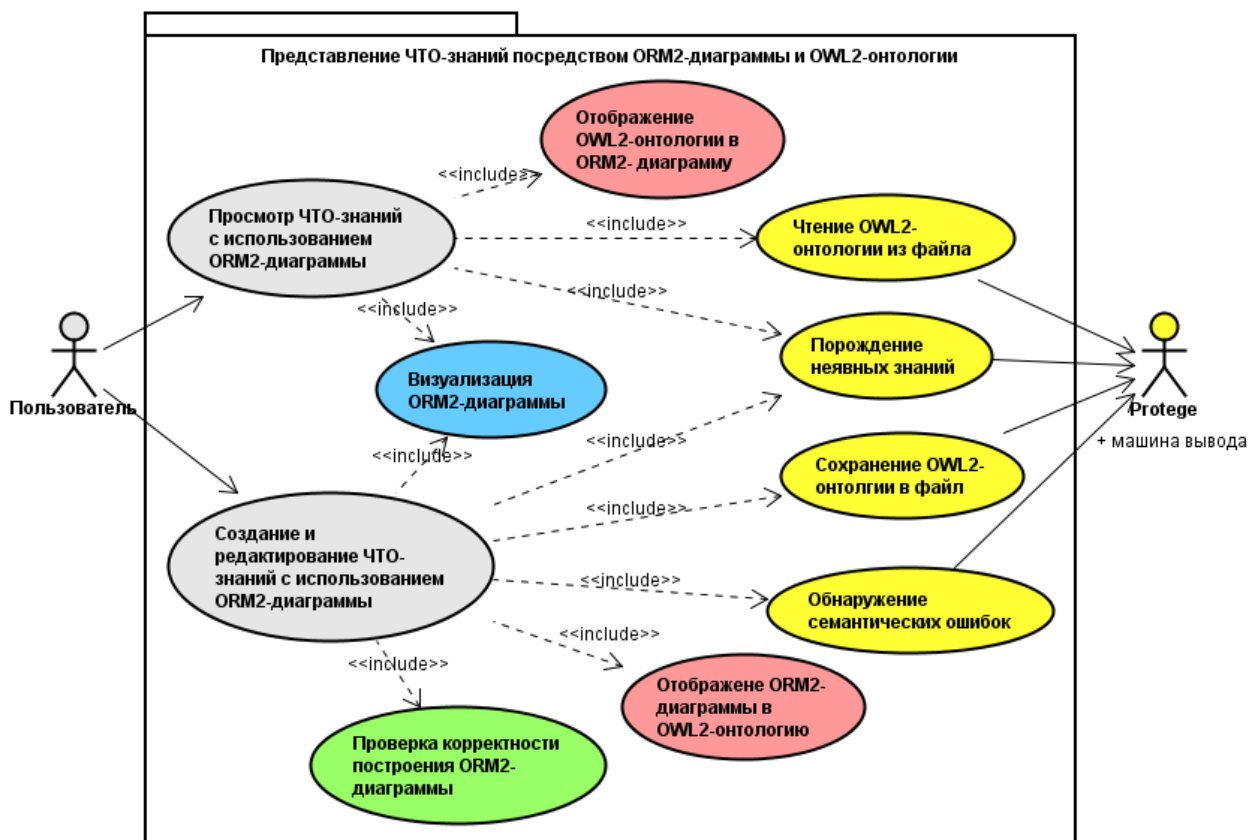


Рис. 7. – Функциональная структура разрабатываемого Protege-плагина

Компонент `Visual_Library` – это библиотека `mxGraph`, которая позволяет в интерактивном режиме строить графы произвольного вида. Нами используется версия этой библиотеки, которая адаптирована для работы со стандартной библиотекой `Java Swing Library`.

Компонент `ORM2_Diagram_Visual_Library` обеспечивает интерактивное создание и редактирование ORM2-диаграммы как графа. Для реализации своей функциональности он использует возможности компонентов `ORM2_Diagram_Model` и `Visual_Library`.

Компонент `ORM2-OWL2_Mapper` предназначен для отображения ORM2-диаграммы в OWL2-онтологию и наоборот.

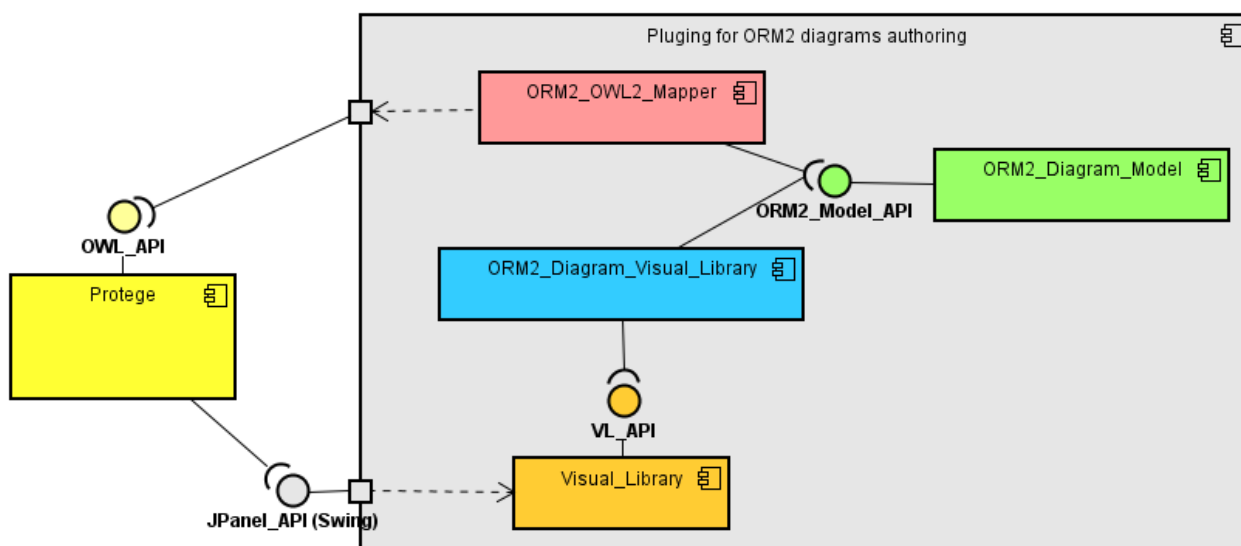


Рис. 8. – Структура разрабатываемого Protege-плагина на уровне КОМПОНЕНТОВ

Такая структура Protege-расширения позволяет:

- минимизировать зацепление между компонентами – каждый компонент связан не более, чем с двумя другими компонентами, т.е. структура является многослойной;
- правила построения ORM2-диаграммы, правила визуализации ее элементов и правила отображения ORM2-диаграммы в OWL2-онтологию (и наоборот) инкапсулированы в отдельных компонентах. Это позволяет изменять группы правил независимо друг от друга.

Реализация Protege-плагина

На настоящее время реализована визуальная составляющая плагина, позволяющая строить ORM2-диаграмму из базовых элементов (которые используются на начальных этапах объектно-ролевого моделирования). На рис. 9 показан пример ORM2-диаграммы, построенный в плагине, а на рис. 10 – пример валидации построения диаграммы.

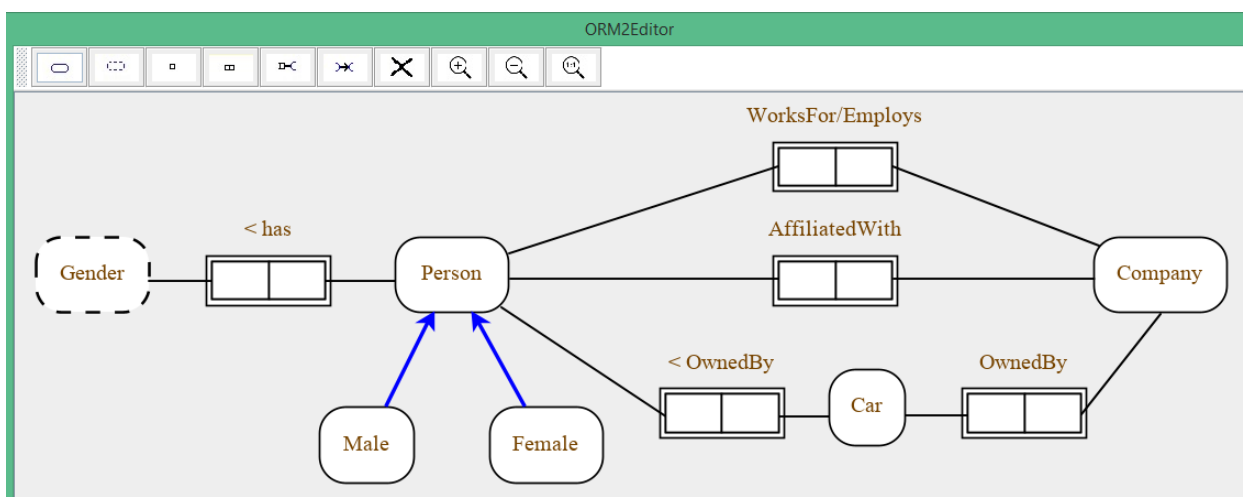


Рис. 9. – Пример ORM2-диаграммы, построенной посредством Protege-плагина

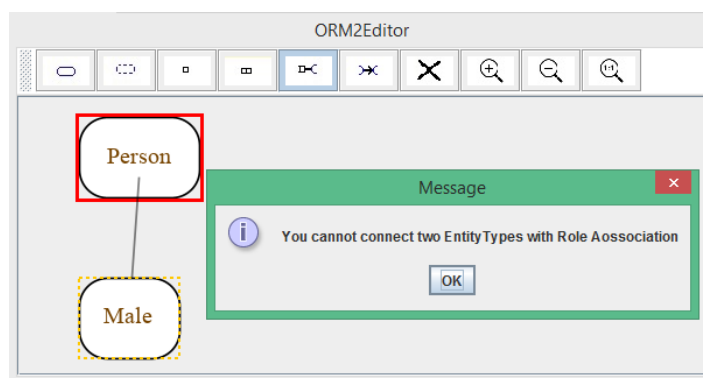


Рис. 10. – Пример обнаружения ошибочного соединения двух сущностей простой связью

Работа будет продолжена в двух направлениях. Во-первых, будет реализована функция отображения ORM2-диаграммы в OWL2-онтологию и наоборот, используя онтологические паттерны из [9]. Во-вторых, планируется реализовать ограничения для отношений подтипа и ролевых отношений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты 18-07-00032 и 20-07-00764.

Литература

1. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Лещева И.А., Павлов Я.Ю. Об одном методе классификации визуальных моделей // Анализ данных и интеллектуальные системы. 2013. №4(26). С. 21-34.
2. Константинова Н.С., Митрофанова О.А. Онтологии как системы хранения знаний. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет, 2009. 54 с.
3. Цвелик Е.А. Метод построения иерархии критериев на основе онтологического анализа системы // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1971.
4. Мохов В.А., Сильнягин Н.Н. Интегрированный алгоритм когнитивной оценки и выбора оптимального варианта онтологической модели // Инженерный вестник Дона, 2014, №11 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/600.
5. Артемова Г.О., Гусарова Н.Ф., Коцюба И.Ю. Автоматизация поддержки принятия решений при разработке онтологий в сфере образования на основе промежуточных моделей // Открытое образование. 2015. №5. С.4-10.
6. Ломов П.А. Применение паттернов онтологического проектирования для создания и использования онтологий в рамках интегрированного пространства знаний // Онтология проектирования. 2015. Том 5. N2(16). С.233-245.
7. Zagorulko Yury, Borovikova Olesya, and Zagorulko Galina Development of Ontologies of Scientific Subject Domains Using Ontology Design Patterns // DAMDID/RCDL 2017: Data Analytics and Management in Data Intensive Domains. Communications in Computer and Information Science. 2018. Том 822. С.141-156. URL: doi.org/10.1007/978-3-319-96553-6_11.

8. Litovkin D.V., Anikin A.V., Kultsova M.B., Sarkisova E.A. Representation of WHAT-Knowledge Structures as Ontology Design Patterns // 2018 9th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA). 2018. URL: [//doi.org/10.1109/IISA.2018.8633701](https://doi.org/10.1109/IISA.2018.8633701).

9. Hodrob Rami, Jarrar Mustafa. Mapping ORM into OWL 2 // Proceedings of the International Conference on Intelligent Semantic Web – Applications and Services. 2010. С.68-73.

10. Halpin, T. Object-Role Modeling Fundamentals: A Practical Guide to Data Modeling with ORM. Technics Publications. 2015. 180 с.

11. OWL 2 Web Ontology Language Primer // URL: w3.org/TR/owl2-primer/.

12. Halpin, T. Metaschemas for ER, ORM and UML data models // Journal of Database Management 2002. N13(2). С. 20–30. URL: doi.org/10.4018/jdm.2002040102.

13. Bārzdiņš Jānis, Bārzdiņš Guntis, Čerāns Kārlis, Liepiņš Renārs, and Sproģis Artūrs UML Style Graphical Notation and Editor for OWL 2 // Perspectives in Business Informatics Research. 9th International Conference, BIR 2010 Rostock, Germany, September 29–October 1, 2010. Proceedings. 2010. С.102-114.

14. VOWL: Visual notation for OWL ontologies. URL: vowl.visualdataweb.org/v2/.

15. Protégé: A feature rich ontology-editing environment with full support for the OWL 2. URL: protege.stanford.edu/products.php.

References

1. Gavrilova T.A., Kudryavcev D.V., Lesheva I.A., Pavlov Ya.Yu. Analiz dannykh i intellektual'nye sistemy. 2013. №4(26). pp. 21-34.
2. Konstantinova N.S., Mitrofanova O.A. Ontologii kak sistemy khraneniya znaniy. SPb.: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyi universitet, 2009. 54 p.
3. Cvelik E.A. p Inzhenernyi vestnik Dona, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1971.
4. Mokhov V.A., Sil'nyagin N.N. Inzhenernyi vestnik Dona, 2014, №11 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/600.
5. Artemova G.O., Gusarova N.F., Kozyuba I.Yu. Otkrytoe obrazovanie. 2015. №5. pp.4-10.
6. Lomov P.A. Ontologiya proektirovaniya. 2015. Vol. 5. N2 (16), pp.233-245.
7. Zagorulko Yury, Borovikova Olesya, and Zagorulko Galina DAMDID/RCDL 2017: Data Analytics and Management in Data Intensive Domains. Communications in Computer and Information Science. 2018. Vol. 822. P.141-156. URL: doi.org/10.1007/978-3-319-96553-6_11.
8. Litovkin D.V., Anikin A.V., Kultsova M.B., Sarkisova E.A. 2018 9th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA). 2018. URL: doi.org/10.1109/IISA.2018.8633701.
9. Hodrob Rami, Jarrar Mustafa. Proceedings of the International Conference on Intelligent Semantic Web – Applications and Services. 2010. P.68-73.
10. Halpin, T. Object-Role Modeling Fundamentals: A Practical Guide to Data Modeling with ORM. Technics Publications. 2015. 180 p.
11. OWL 2 Web Ontology Language Primer. URL: w3.org/TR/owl2-primer/.

12. Halpin, T. Journal of Database Management 2002. N13 (2). pp.20–30.
URL: doi.org/10.4018/jdm.2002040102.

13. Bārzdiņš Jānis, Bārzdiņš Guntis, Čerāns Kārlis, Liepiņš Renārs, and Sproģis Artūrs Perspectives in Business Informatics Research. 9th International Conference, BIR 2010 Rostock, Germany, September 29–October 1, 2010. Proceedings. 2010. pp.102-114.

14. VOWL: Visual notation for OWL ontologies. URL: vowl.visualdataweb.org/v2/.

15. Protégé: A feature rich ontology-editing environment with full support for the OWL 2. URL: protege.stanford.edu/products.php.