

## РАЗРАБОТКА ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЯЗЫКОВ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЙ

*Ермаков И. Д.*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
г. Пермь, Российская Федерация*

*Научный руководитель: Лядова Л. Н. – канд. физ.-мат. наук, доцент, профессор кафедры математического обеспечения вычислительных систем*

**Аннотация.** Статья представляет результаты разработки генератора предметно-ориентированных языков (DSL) на основе многоаспектной онтологий. Приведено описание этапов генерации DSL и алгоритма генерации. Из онтологии языков моделирования, включающей описание метамodelей языков, выбирается базовый язык, который предлагается настроить на использование в конкретной предметной области путём проецирования понятий из онтологии предметной области на метамodelь выбранного языка. В соответствии с правилами отображения, заданными пользователем, выполняется проекция, в ходе которой генерируется метамodelь нового DSL. В качестве примера рассматривается генерация нового предметно-ориентированного языка для предметной области «Съемка фильма».

**Ключевые слова:** DSM, предметно-ориентированный язык, DSL, метамodelь, автоматизация разработки языка, генерация метамodelи, многоаспектная онтология.

**Введение.** *Предметно-ориентированный язык* – это язык программирования или моделирования, созданный для решения задач в конкретной предметной области (*Domain-Specific Language*, DSL) [1]. Как правило, в отличие от языков общего назначения, предметно-ориентированные языки достаточно простые, так как не содержат избыточных конструкций и терминов, не связанных с решением задач в конкретной предметной области. За счет этого язык становится гораздо проще для освоения пользователями (специалистами в конкретной области), он отражает специфику предметной области, что делает его понятным даже пользователям, не владеющим навыками программирования. Такой подход к моделированию называется *предметно-ориентированным моделированием (Domain-Specific Modeling, DSM)*. Создание DSL обеспечивается специальным классом инструментальных средств – DSM-платформами, или языковыми инструментариями.

Визуальные языки обладают большей наглядностью по сравнению с текстовыми языками, что позволяет снизить трудоемкость разработки моделей и минимизировать ошибки [3]. При разработке или анализе сложных систем создаются иерархии моделей с использованием различных графических нотаций (языков).

Но, несмотря на все преимущества, предоставляемые визуальными DSL, есть и ряд недостатков, с которыми приходится столкнуться при создании языка. Одним из них является сложность создания самого языка – для того, чтобы учесть все детали, необходимо быть специалистом в предметной области, и при этом обладать достаточными знаниями в области формальных языков и возможностей языковых инструментариев, навыками программирования, чтобы создать собственный язык.

Решением данной проблемы может стать использование при создании DSM-платформы (языкового инструментария) онтологий для автоматизации разработки языков. Специалисту будет достаточно создать онтологию, включающую основные концепты из предметной области и связи между ними, затем, полученная онтология будет спроецирована на метамodelь базового языка, в результате чего генерируется новая метамodelь, т.е. создаётся новый DSL, синтаксис и семантика которого задаётся этой метамodelью.

**Анализ требований к системе.** Система основывается на использовании многоаспектной онтологии, включающей онтологию языков моделирования, содержащую описание языков (их метамodelей) и задач, для которых они используются, а также онтологии

предметных областей. Для пользователей должна быть реализована возможность загружать онтологии, созданные экспертами предметных областей. На основе этих онтологий, используя алгоритм отображения элементов онтологии предметной области на элементы метамodelей существующих языков в онтологии языков, должна быть сгенерирована новая метамodelь DSL, описывающая созданный язык.

**Разработка генератора.** Рассмотрим этапы генерации, приведенные в работе [2]:

1. Выбор задачи, которую планируется решать с помощью нового языка. Задачи анализа и проектирования, решаемые с помощью языков моделирования, описаны в онтологии.
2. Выбор существующего языка моделирования, предназначенного для решения выбранной на предыдущем шаге задачи, в качестве базового.
3. Разработка правил отображения концептов онтологии предметной области на элементы метамodelи выбранного языка в онтологии языков.
4. Генерация метамodelи нового DSL, отражающего специфику решения задачи в выбранной предметной области, описанную в соответствующей онтологии.

В качестве базового языка будет рассматриваться нотация «Сущность-Связь» (рисунок 1). Далее, будем рассматривать работу алгоритма на упрощенном примере предметной области «Съемка фильма». Онтология (рисунок 2) описывает основные понятия, связанные с процессом съёмки фильмов: фильм, у которого есть атрибуты название, сборы и рейтинг; для съёмки фильма привлекаются сотрудники, которые имеют имя и должность; между участником съёмки и фильмом имеется связь «Участвовал в съемках».

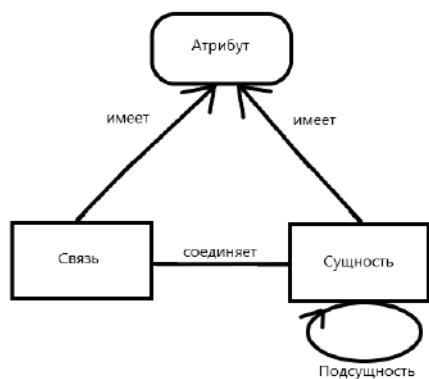


Рисунок 1 – Метамodelь диаграммы «Сущность-Связь»



Рисунок 2 – фрагмент онтологии предметной области «Съемка фильма»

Во время второго этапа пользователю предлагается вручную задать соответствие между элементами базового языка и понятиями из онтологии предметной области. На основе заданных пользователем правил отображения выполняется алгоритм генерации новой метамodelи. Идея алгоритма заключается в следующем: начинается рекурсивный обход в глубину для всех классов в онтологии, которые были выбраны для отображения. Для каждого класса в соответствии с правилами отображения создается элемент в новой онтологии. Если у класса имеются подклассы, и они еще не включены в новую метамodelь, алгоритм запускается и для них, при этом, формируются связи «Класс-Подкласс» как и в исходной онтологии. Выход из рекурсии выполняется и в том случае, если текущий элемент уже включен в метамodelь языка. Таким образом, осуществляется «перенос» классов из предметной области в новый язык. При выполнении алгоритма также переносятся и атрибуты объектов. При необходимости, для формирования связей в новой онтологии реализуется второй проход по выбранным для отображения элементам с переносом в метамodelь связей между ними.

**Апробация алгоритма.** Для рассматриваемой предметной области применили алгоритм генерации метамodelи DSL языка на основе метамodelи базового языка ERD. Элементы «Участник съемок» и «Фильм» проецируются в качестве сущностей. Получили новый DSL для предметной области «Съемка фильма», метамodelь которого показана на рисунке 3. В данном примере атрибуты представлены отдельными классами, к которым классы сущностей

имели связь «Иметь атрибут». Но возможна ситуация, когда атрибуты передаются в качестве свойств классов. В таком случае, в правилах проецирования нужно указать, как именно передаются атрибуты в модели предметной области и, в случае необходимости, представить свойства в качестве элементов онтологии предметной области, которые будут участвовать в проецировании на базовый язык. Модель (диаграмма «Сущность-Связь»), которая может быть разработана с помощью нового языка, может содержать только сущности двух типов («Фильм» и «Участник съёмок»), они обладают описанным в метамодели набором атрибутов (рисунок 4). В метамодели также можно задать ограничения как на значения атрибутов сущностей, так и на значения атрибутов связей.

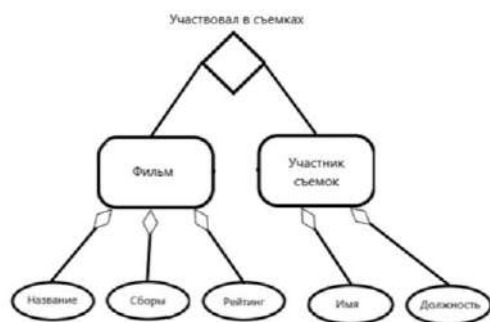


Рисунок 3. Метамодель языка «Съемка фильма»

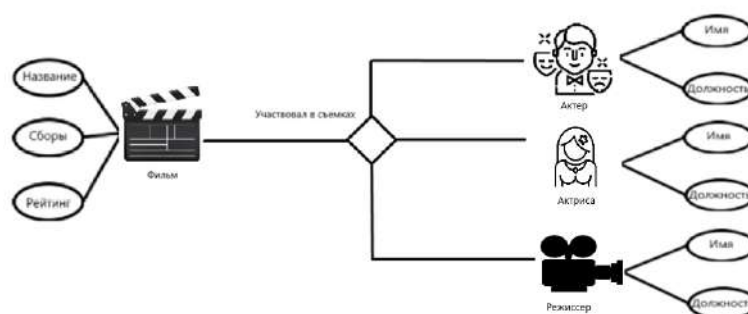


Рисунок 4. Модель «Съемка фильма» в разработанной новой нотации ERD

**Заключение.** Генерация предметно-ориентированных языков на основе онтологий является перспективным способом автоматизации создания новых DSL. Однако, для практического применения необходимо расширить возможности определения правил отображения, реализовать удобный пользовательский интерфейс для генератора моделей и редактор визуальных моделей.

### Список литературы

1. Кознов Д.В. *Методология и инструментарий предметно-ориентированного моделирования* / Д.В. Кознов – Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, 2016. С. 35-39.
2. Лядова, Л.Н. *Автоматизация разработки предметно-ориентированных языков на основе многоаспектных онтологий* / Л.Н. Лядова Л.Н // Технологии разработки информационных систем (ТРИС-2021) №8. С. 48-52.
3. Tolvanen J.-P., Kelly S. *Model-driven development challenges and solutions – experiences with domain-specific modeling in industry* / J.-P. Tolvanen and S. Kelly // 4<sup>th</sup> International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development, Rome, Italy, 2016, P. 711-719

UDC 004.434

## ONTOLOGY-BASED DEVELOPMENT OF DOMAIN-SPECIFIC LANGUAGES

*Ermakov I.D.*

*Perm State University, Perm, Russian Federation*

*Scientific Adviser: Lyadova L.N. – PhD, associate professor of the Computing System Software Department*

**Annotation.** The paper presents the results of the development of domain-specific language generator (DSL) based on multi-aspect ontologies. The description of the stages of generation of DSL and the algorithm of generation is given. From the ontology of modelling languages, including descriptions of the metamodels of languages, it is selected a basic language, which is proposed to be used in a particular subject area by projecting the concepts from the ontology of the subject area to the metamodel of the selected language. In accordance with the mapping rules set by the user, a projection is performed, which generates a metamodel of the new DSL. As an example, we consider the generation of a new domain-specific language for the subject area "Filmmaking".

**Keywords.** DSM, domain-specific language, DSL, language creation automation, metamodel generation, multifaceted ontology