

А.О. Сухов¹

sukhov_psu@mail.ru

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ DSL-ИНСТРУМЕНТАРИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФОВЫХ ГРАММАТИК

При разработке информационных систем (ИС) широко используются технологии, основанные на применении *метамоделирования* и *предметно-ориентированных языков* [2]. Система MetaLanguage представляет собой инструментарий для создания визуальных динамически настраиваемых предметно-ориентированных языков моделирования, используемых при разработке ИС.

Для описания *метамodelей* – моделей предметно-ориентированных языков – MetaLanguage использует метаязык, базовыми конструкциями которого являются сущность, отношение, ограничение [3]. Используя только конструкции *сущность* и *отношение*, можно построить любую модель, однако, созданная модель может оказаться *невалидной* в рассматриваемой предметной области.

Существуют различные формализмы определения синтаксиса визуальных языков [1, 5, 6]. Большинство из существующих подходов в основе имеют конкретный синтаксис, и лишь некоторые авторы затрагивают абстрактный синтаксис. Абстрактный синтаксис визуальных языков не нуждается во всех тех деталях, которые представлены в конкретном синтаксисе. Это означает, что можно абстрагироваться от выбора пиктограмм, используемых для отображения элементов языка.

Для задания *формальных правил* построения моделей предлагается использовать *графовые грамматики*. В результате анализа различных средств описания синтаксиса визуальных языков моделирования [4] было определено, что наиболее подходящим способом формального задания языков, учитывающим назначение системы MetaLanguage, являются формальные грамматики, представленные ориентированными псевдо-метаграфами.

Далее приведены определения метамодели и модели предметной области с использованием выбранного математического аппарата.

Граф метамодели

Представим метамодель предметной области в виде объединения четырех *слоев*: *сущностей и отношений* между ними, *атрибутов, операций, ограничений*.

Сущность – это конструкция создаваемого языка моделирования. Обозначим множество сущностей метамодели через $Ent = \{ent_i\}, i \in N, i < \infty$ (N – множество натуральных чисел), причем в каждый фиксированный момент времени их число конечно, но при создании/удалении сущности множество расширяется/сокращается.

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 10-01-00794)

Каждая сущность метамодели

$$ent_i = \{EName_i, EICount_i, EUnique_i\}$$

характеризуется

- именем $EName_i$, однозначно идентифицирующим сущность в рамках метамодели;
- количеством экземпляров сущности $EICount_i$, которое может быть создано при построении модели;
- флагом уникальности $EUnique_i$, определяющим пределы уникальности имен экземпляров сущности.

Конструкции визуальных языков в редких случаях существуют автономно, чаще всего они каким-либо образом связаны друг с другом, поэтому при создании метамодели важно не только определить основные конструкции создаваемого языка, но и правильно задать связи между ними.

Отношение используется для обозначения физической или концептуальной связи между сущностями. Обозначим множество отношений метамодели $Rel = \{rel_i\}, i \in N, i < \infty$, причем в каждый фиксированный момент времени их число конечно, но при создании/удалении отношения число элементов множества увеличивается/уменьшается.

Любое отношение метамодели

$$rel_i = \{RName_i, RType_i, RMult_i, RUnique_i\}$$

характеризуется

- именем $RName_i$, которое однозначно задает отношение в рамках данной метамодели;
- типом $RType_i$, определяющим семантику отношения;
- кратностью $RMult_i$, которая указывает, сколько экземпляров сущности может участвовать в отношении;
- флагом уникальности $RUnique_i$, определяющим пределы уникальности имен экземпляров отношений.

Множество дуг, соответствующих связям между сущностями и отношениями, обозначим $EERR = \{eerr_i\}, i \in N, i < \infty$, причем в каждый фиксированный момент времени это множество конечно.

Атрибут – это именованное свойство сущности. В качестве типа атрибута может выступать домен (множество допустимых значений), либо некоторая сущность метамодели.

Обозначим через $EAttr_i = \{eattr_{j_i}\}, j_i \in N, j_i < \infty$ множество вершин графа метамодели, соответствующих атрибутам i -ой сущности, а через $RAttr_k = \{rattr_{l_k}\}, l_k \in N, l_k < \infty$ – множество вершин графа метамодели, соответствующих атрибутам k -го отношения.

Введем следующие обозначения:

- $EEA = \{eea_{j_i}\}$ – множество дуг, соединяющих каждую сущность метамодели с множеством атрибутов, ей соответствующих;
- $ERA = \{era_{l_k}\}$ – множество дуг, соединяющих каждое отношение метамодели с множеством атрибутов, ему соответствующих.

Множества $EAttr_i$, $RAttr_k$, EEA и ERA являются конечными в каждый фиксированный момент времени.

Операция – это абстракция действий, которые можно выполнять над сущностью. В большинстве случаев применение операции приводит к тому, что сущность меняет свое состояние.

Каждой операции над сущностью в слое операций поставим в соответствие вершину графа. Обозначим множество этих вершин через $EOpp_i = \{eopp_{j_i}\}, j_i \in N, j_i < \infty$, а множество дуг, соединяющих каждую сущность метамодели с множеством операций над ней, – через $EEO = \{eeo_{j_i}\}$, причем в каждый фиксированный момент времени оба множества являются конечными.

На практике достаточно часто встречаются случаи, когда на сущности и связи между ними необходимо наложить какие-либо *ограничения*. Если правила соединения диаграмм задают синтаксис визуального языка, то *ограничения определяют его семантику*. Часть ограничений задается через структуру метамодели, а часть – через непосредственное их задание на некотором языке.

Все ограничения, налагаемые на метамодель, можно разделить на две группы: ограничения, налагаемые на сущности, и ограничения, налагаемые на отношения.

Введем следующие обозначения:

- $ERest_i = \{erest_{j_i}\}, j_i \in N, j_i < \infty$ – набор ограничений, налагаемых на i -ю сущность;
- $RRest_k = \{rrest_{l_k}\}, l_k \in N, l_k < \infty$ – набор ограничений, налагаемых на k -е отношение;
- $EER = \{eer_{j_i}\}$ – множество дуг, соединяющих каждую сущность метамодели с множеством ограничений, налагаемых на нее;
- $ERR = \{err_{l_k}\}$ – множество дуг, соединяющих каждое отношение метамодели с множеством ограничений, налагаемых на него.

Множества $ERest_i, RRest_k, EER, ERR$ являются конечными в каждый фиксированный момент времени.

Рассмотрим ориентированный псевдо-метаграф $GMM = (V, E)$. Представим множество вершин графа как объединение попарно непересекающихся подмножеств

$$V = Ent \cup_{i=1}^{|Ent|} EAttr_i \cup_{i=1}^{|Ent|} EOpp_i \cup_{i=1}^{|Ent|} ERest_i \cup Rel \cup_{i=1}^{|Rel|} RAttr_i \cup_{i=1}^{|Rel|} RRest_i, \quad (1)$$

а множество дуг в виде:

$$E = EEA \cup ERA \cup EEO \cup EER \cup ERR \cup EERR. \quad (2)$$

Определение 1. *Граф метамодели ММ* – это ориентированный псевдо-метаграф $GMM = (V, E)$, для которого выполняется (1) и (2), где V – это непустое множество вершин графа, E – это множество дуг графа.

Рассмотрим пример. Построим граф метамодели для сущности «Прецедент» диаграмм вариантов использования языка UML. Атрибутами сущности «Прецедент» являются «Имя», «Описание», «Дата создания». Операции, которые можно выполнять над сущностью – «Изменить имя», «Задать описание», «Изменить дату создания», т.е. для рассматриваемой сущности

$$\begin{aligned} EAttr &= \{\text{«Имя», «Описание», «Дата создания»}\}, \\ EOpp &= \{\text{«Изменить имя», «Задать описание», «Изменить дату создания»}\}, \\ RAttr &= \emptyset, ERest = \emptyset, RRest = \emptyset. \end{aligned}$$

Граф, соответствующий фрагменту метамодели диаграмм прецедентов, представлен на рис. 1.

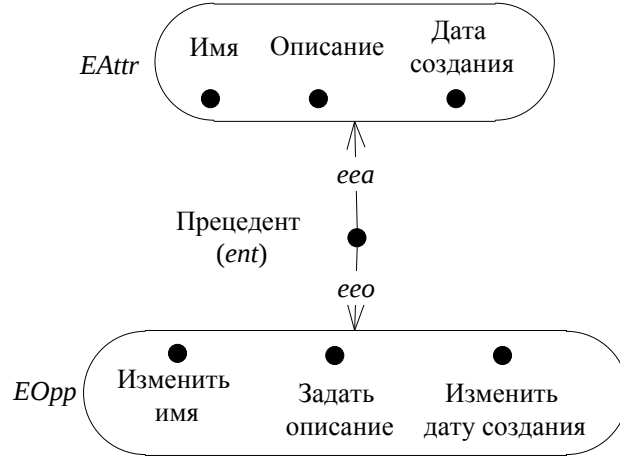


Рис. 1. Фрагмент графа метамодели для сущности «Прецедент»

Как видно из рисунка, $EEA = \{eea\}$, $EEO = \{eoo\}$, $ERA = \emptyset$, $EER = \emptyset$, $EERR = \emptyset$.

Граф модели

Модель – это фактически «экземпляр» метамодели, в котором:

- атрибуты сущностей и отношений представлены конкретными значениями;
- отсутствуют операции над экземплярами сущностей и ограничения, налагаемые на экземпляры сущностей и отношений;
- экземпляры отношения наследования создать нельзя.

Обозначим множество всех моделей, которые были созданы на основе выбранной метамодели, через $M = \{m_k\}, k \in N, k < \infty$, причем в каждый фиксированный момент времени их число конечно, но при создании/удалении модели число элементов множества увеличивается/уменьшается.

Представим модель предметной области в виде объединения двух слоев: слоя экземпляров сущностей и отношений и слоя атрибутов.

Слой экземпляров сущностей и отношений содержит:

- $EntI_i$ – множество экземпляров i -ой сущности;
- $RelI_k$ – множество экземпляров k -ого отношения;
- $EERRI = \{eerrI_i\}, i \in N, i < \infty$ – множество дуг, соответствующих связям между экземплярами сущностей и экземплярами отношений.

В слой атрибутов модели включим:

- $EAttrI_{j_i}$ – множество значений атрибутов j -ого экземпляра i -ой сущности;
- $RAttrI_{l_k}$ – множество значений атрибутов l -ого экземпляра k -ого отношения;
- $EEAI = \{eeal_{j_i}\}$ – множество дуг, соединяющих каждый экземпляр сущности с множеством атрибутов, ему соответствующих;
- $ERAI = \{eral_{l_k}\}$ – множество дуг, соединяющих каждый экземпляр отношения с множеством атрибутов, ему соответствующих.

Множества $EntI_i$, $EAttrI_{j_i}$, $RelI_k$, $RAttrI_{l_k}$, $EEAI$, $ERAI$, $EERRI$ являются конечными в каждый фиксированный момент времени.

Рассмотрим ориентированный псевдо-метаграф $GM = (VI, EI)$. Множество вершин графа представим в виде:

$$VI = \bigcup_{i=1}^{|Ent|} \left(EntI_i \cup_{j=1}^{|EAttr_i|} EAttrI_{j_i} \right) \cup_{k=1}^{|Rel|} \left(RelI_k \cup_{l=1}^{|RAttr_k|} RAttrI_{l_k} \right), \quad (3)$$

а множество дуг в виде:

$$EI = EEAI \cup ERAI \cup EERRI. \quad (4)$$

Определение 2. Граф модели – это ориентированный псевдо-метаграф $GM = (VI, EI)$, для которого выполняется (3) и (4), где VI – это непустое множество вершин графа, EI – это множество дуг графа.

Заключение

В статье предложена формальная метамодель и модель предметной области, построенная с помощью графовых грамматик, представленных ориентированными псевдо-метаграфами.

Послойное определение метамодели и модели обеспечивает большую гибкость при создании визуальных языков моделирования и оперировании их конструкциями. Добавление и удаление слоев позволяет рассматривать графы метамodelей и моделей с той точки зрения, которая интересует разработчика.

Использование формального определения метаязыка системы MetaLanguage на основе графовых моделей позволяет описать его свойства, разработать алгоритмы горизонтальной и вертикальной трансформации (мета)моделей и созданных на их основе моделей ИС, их предметных областей.

Библиографический список

1. **Кознов, Д.В.** Визуальное моделирование: теория и практика: Курс лекций [Электронный ресурс] / Д.В. Кознов // [http://window.edu.ru/window/library?p_rid=57436].
2. **Лядова, Л.Н.** Многоуровневые модели и языки DSL как основа создания интеллектуальных CASE-систем / Л.Н. Лядова // Сборник трудов Третьей международной научно-технической конференции «Инфокоммуникационные технологии в науке, производстве и образовании» (Инфоком-3): Часть 2. - Ставрополь, 2008. - С. 65-71.
3. **Лядова, Л.Н.** Языковой инструментарий системы MetaLanguage / Л.Н. Лядова, А.О. Сухов // Математика программных систем: межвуз. сб. научн. тр. / Перм. ун-т. - 2008. - С. 40-51.
4. **Сухов, А.О.** Использование графов для описания синтаксиса визуальных языков моделирования / А.О. Сухов, Л.Н. Лядова // Технологии Microsoft в теории и практике программирования / Материалы межвуз. конкурса-конференции. Политехнический ун-т. - 2010. - С. 172.
5. **Marriott, K.**, A Survey of Visual Language Specification and Recognition / K. Marriott, B. Meyer, K. Wittenburg // Visual language theory / Springer-Verlag New York. - New York, 1996. – Pp. 168-190.
6. **Rekers, J.** A Graph Grammar approach to Graphical Parsing / J. Rekers, A. Schuerr // IEEE Symp. on Visual Languages. - 1995. - Pp. 195 – 202.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ DSL-ИНСТРУМЕНТАРИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФОВЫХ ГРАММАТИК

В статье рассмотрен подход к созданию формального описания метаязыка, используемого для разработки визуальных предметно-ориентированных языков моделирования информационных систем, основанный на ориентированных псевдо-метаграфах.

THEORETICAL FOUNDATIONS OF DEVELOPMENT DSL WORKBENCH USING GRAPH GRAMMARS

In article the approach to creation of the formal description of the metalanguage, used for development of visual domain-specific languages of information systems modeling, based on directed pseudo-metagraphs is considered.