

## МЕТАМОДЕЛЬ ЯЗЫКА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ UML2 SP

В.И.Гурьянов (Чебоксары)

В монографии [1] обсуждается методология разработки объектных имитационных моделей Modeling SP, использующая язык UML SP. Основным недостатком этого визуального языка заключается в том, что язык имеет слабоформализованную метамодель, что чувствительно отражается на качестве разработки имитационных моделей, приводя к неопределенностям и неоднозначностям в выборе решений. Этого следовало ожидать, поскольку для определения профиля была использована метамодель UML 1.5. В данном докладе дан краткий обзор метамодели профиля UML2 SP, основанной на метамодели UML 2.5 [2], которая позволяет преодолеть данный недостаток.

Профили UML – это встроенный в UML инструмент, позволяющий адаптировать язык UML под потребности разработчика. OMG рекомендует использовать профили в двух случаях: для поддержки технологии MDA для различных платформ и языков программирования, и для хорошо определенных предметных областей. Моделирование предметных областей возможно потому, что UML – это формальный язык и элементам языка можно назначать разную семантику, а не только вычислительную. Существует единственный третий случай профиля, который охватывает оба этих момента – профили для компьютерного имитационного моделирования.

Профиль UML2 SP имеет двойственную семантику – предметную и вычислительную [1]. С точки зрения предметной семантики, разработка имитационной модели на UML2 SP – это концептуальное моделирование. Объем работ по концептуальному моделированию в Modeling SP невелик, однако ошибка, допущенная в концептуальной модели, сводит на нет всю последующую работу. Дадим определение концептуальной модели. Под концептуальной моделью иногда понимают словесное описание системы или определение концепции системы. Мы придерживаемся определения, принятого в школе С.П. Никанорова: «Концептуальная модель – это система концептов, определяющих моделируемый объект, и отношений между этими концептами» [3]. Язык UML2 SP предоставляет разработчику следующие основные инструменты концептуального моделирования: (а) точки зрения (модели), (б) архитектурное моделирование и (в) фреймворк семантические сети, которые подобны онтологиям, но являются их обобщением. Метамодель UML2 SP определяет эти инструменты.

Рассмотрим порядок построения профиля UML2 SP.

Согласно рекомендациям OMG [2], для построения профиля рекомендуется предварительно построить метамодель предметной области. Метамодель предметной области может быть выражена любым способом – как онтология, на языке MOF; как диаграмма классов UML. На рис.1 показана онтология предметной области имитационного моделирования, построенная в Protégé 3.4.8 (OWL).

В основе онтологии предметной области имитационного моделирования лежит *принцип познавательного контекста*. Это означает, что в другой познавательной ситуации один и тот же объект реальности будет моделироваться иначе, подобно тому, как значение слова в тексте зависит от контекста. Семантическая сеть рис.1 начинается с абстрактного онтологического класса Situation (познавательная ситуация). Для раскрытия смысла понятий мы использовали метод дихотомии – определение понятий, находящихся в оппозиции друг к другу. Например, объект-субъект. Изучаемый объект имеет два аспекта – статический и динамический. Статический аспект определяет некие инварианты, которые позволяют идентифицировать объект во времени. Таких инвариантов два – структура и классификация (принадлежность объекта к той или иной классификации). Динамический аспект позволяет описать изменчивость объекта во времени. В нашем случае динамический аспект рассматривается как коммуникативный процесс. Для определения конкретных онтологических классов использован *метод микротеорий* (подробнее см. [1]).

Вторым шагом построения профиля является определение множества стереотипов. Концептуальная модель объекта изучения определяется как семантическая сеть экземпляров листовых онтологических классов рис.1. Это есть онтология задачи, которая находится на другом уровне абстракции. Профиль должен отображать концептуальную модель объекта изучения на модели UML2 SP, в частности, на диаграммы. Таким образом, конкретные онтологические классы рис. 1 будут определять множество стереотипов профиля (названия стереотипов несколько отличаются от названий онтологических классов).

На третьем шаге построения профиля множество стереотипов помещается в пакет со стереотипом «profile», и определяется общая структура этого пакета: определяются помеченные значения (tagged values), ограничения (constraints), отношения между стереотипами и выполняется их группировка. Это наиболее ответственный шаг, который требует серьезного теоретического обоснования. Мы решили исходить из принципов семиотики, рассматривая профиль как знаковую систему. Были использованы два положения, истинные для метаязыка всякого UML-профиля.

(а) Треугольник Фреге - модель стереотипа, сам стереотип интерпретируется как денотат. Это положение определяет концепцию профиля.

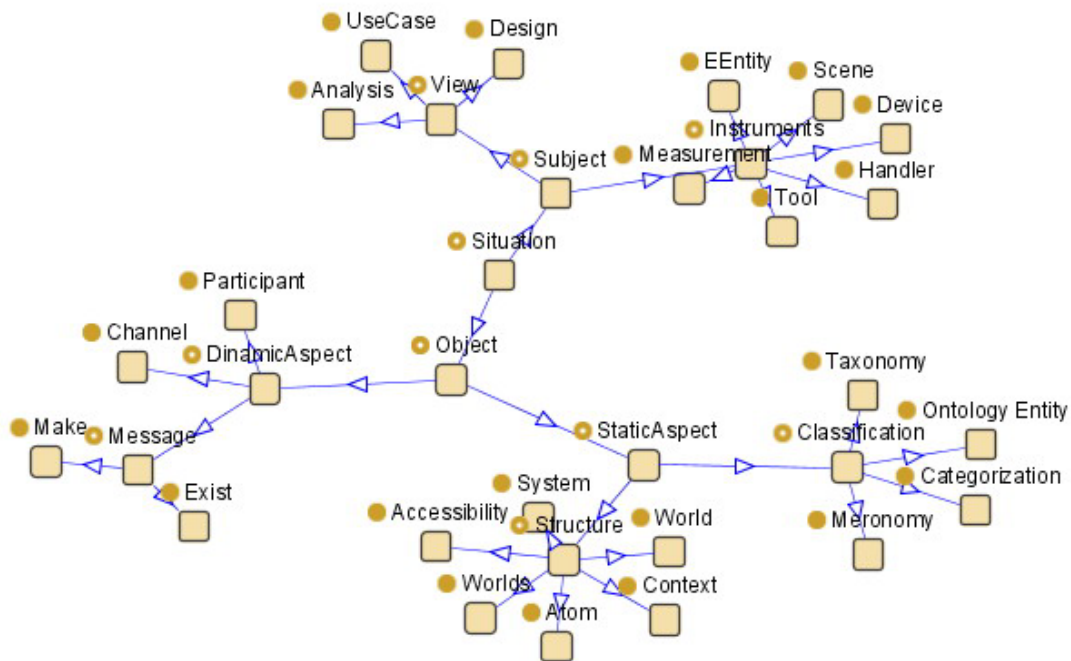


Рис.1 Онтология предметной области имитационного моделирования

(б) Мета модель профиля – это метаязык профиля. Согласно семиотике каждая знаковая система имеет три аспекта: прагматику, семантику и синтактику. Тем самым в метамодели профиля должны быть определены не менее трех пакетов, отражающих это деление. Это положение определяет структуру метамодели профиля.

В метамодели UML2 SP (см. рис.2) первое положение реализуется следующим образом. Треугольник Фреге - модель абстрактного стереотипа «AbstractConceptualElement», который определяет два помеченных значения Concept (смысл) и Id (знак). В других профилях обычно это положение реализуется большим набором помеченных значений, что делает профили более специализированными. Все стереотипы UML2 SP – потомки «AbstractConceptualElement». Второе положение в метамодели UML2 SP реализовано посредством пакетов SP Models, Architectural Elements и Semantic Net Elements (рис. 2).

### Окружение профиля

Для разработки имитационных моделей наряду с UML2 SP используются и другие профили, прежде всего стандартный профиль UML. Для поддержки технологии MDA применяются специальные профили; на рис. 2 в этом качестве выступает профиль для языка C++. Профиль UML2 SP импортирует примитивные типы из библиотеки MOF и при построении моделей надо использовать именно эти типы, а не типы стандартного профиля или других профилей.

### Синтактика UML2 SP

Пакет Semantic Net Elements определяет набор стереотипов и ограничений, которые задают правила построения знаков в данной знаковой системе, т.е. в языке UML2 SP. В языке UML2 SP в качестве знаков выступают фреймовые семантические сети. Данный пакет определяет стереотипы для элементов диаграмм классов, диаграмм взаимодействия и диаграмм объектов. Это есть основной инструмент концептуального моделирования. Пакет включает подпакеты SP Frames и SP Instance (стереотип Example).

Фреймовые семантические сети UML2 SP очень похожи на онтологии, но имеют принципиальное отличие. На рис. 3 дано формальное определение стереотипов пакета SP Frames, что позволяет выявить основные различия, сравнивая данное определение с определением онтологий,

предложенное OMG [4, 5]. Архитектура языка UML в терминологии OMG определяется как четырехслойная: M0 – слой экземпляров, M1 – слой модели на UML, M2 – слой определения UML (метамодель) и M3 – слой языка описания метамodelей MOF (Meta-Object Facility), мета-метамодель.

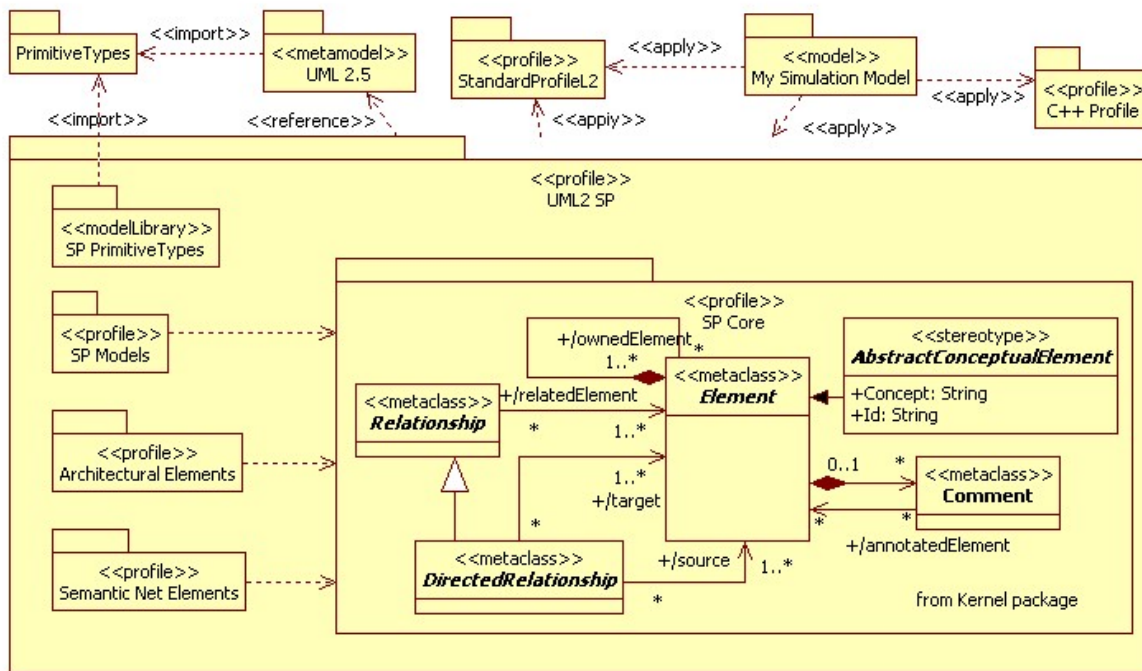


Рис.2. Общая структура профиля UML2 SP

Посредством MOF описывают не только метамодель UML, но и метамодели других языков, например, языки описания онтологий и DSL (Domain Specific Language). Язык UML2 SP наследует эту архитектуру, поэтому архитектура UML2 SP является трехслойной. Онтологии являются двухслойными конструкциями «Класс-Экземпляр». Фреймовые семантические сети UML SP – это трехслойные конструкции: «Концепт верхнего уровня – SP-фрейм – Пример», между которыми определены зависимости «instanceOf» (образуя треугольник). В UML2 SP вводится новый тип диаграмм – диаграммы-определения, - которые раскрывают эту трехслойную структуру, и которые используются для формального определения концептов. Кроме того, между онтологическими классами и SP-фреймами есть ряд отличий. Вопрос о различии UML-классов и онтологических классов подробно исследован в работе [5].

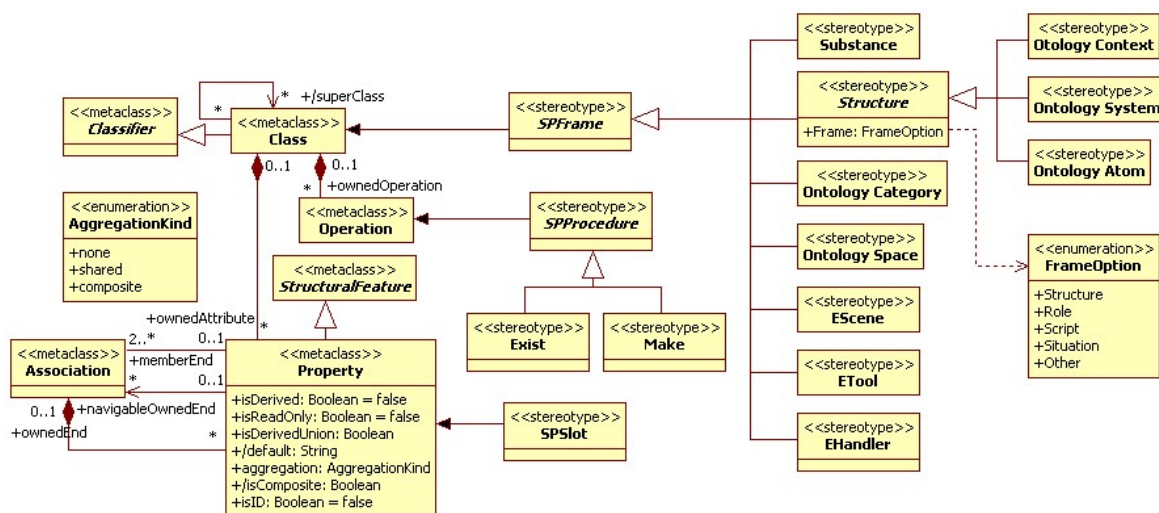


Рис. 3. Определение стереотипов пакета «SP Frames»

### Семантика UML2 SP

Пакет Architectural Elements определяет набор стереотипов, которые определяют семантику фреймовых сетей. Технически это реализуется как распределение классов по архитектурным пакетам. В языке UML2 SP используются архитектурные диаграммы, которые мы интерпретируем как *концептуальные графы*. Данный пакет определяет элементы концептуальных графов и правила их применения. Определяется два абстрактных стереотипа (Conceptual Folder и SP Dependency) и в общей сложности десять конкретных стереотипов (подробнее см. [1]). Хотя архитектурные диаграммы подобны концептуальным графам, но они имеют некоторые отличия.

### Прагматика UML2 SP

Пакет SP Models определяет набор стереотипов, посредством которых UML-модель рассматривается с точки зрения использования. Язык UML2 SP следует использовать как метаязык для конкретных языков моделирования, таких как Modelica или C++. В пакете SP Models определяются стереотипы для прагматики, семантики и синтактики конкретного языка моделирования. Пакет определяет элементы решетки моделей и правила их применения. Определяет стереотипы для трех моделей – это *Research Use Case Model*, *Research Analysis Model*, *Research Design Model* (прагматика, семантика и синтактика); элементы Use Case и зависимости реализаций. Для того, чтобы избежать смешивания понятий, подчеркнем, что тройка «прагматика, семантика, синтактика» языка UML2 SP и модели на языке UML2 SP для каждого своя. Для примера, прагматика имитационной модели описанной на языке GPSS World в UML2 SP будет определяться стереотипом *Research Use Case Model*, а для самого языка UML2 SP – пакетом SP Models.

Ограничения (constraints) определяют правила применения элементов пакетов метамодели. Ограничения для UML2 SP в значительной степени совпадают с ограничениями UML SP [1], поэтому мы не будем касаться этого вопроса в данной статье. Единственно, отметим, что теперь появляется возможность определения ограничений на языке OCL. В настоящее время профиль UML2 SP реализован в формате XML для UML-редактора StarUML (ver. 5.0). Для тестирования профиля создан банк тестовых моделей. Банк моделей состоит из двух групп. В первую группу входят типовые модели имитационного моделирования, такие как «Микроволновая печь», «Одноколейная железнодорожная ветка», «Производственная линия». Вторую группу составляют модели научного назначения, среди которых хотелось бы назвать: «Коммуникативный акт с рефлексорирующими агентами», «Игры поиска», «Простейший многоклеточный организм», «Модель Изинга». Каждая модель представлена самой моделью в формате XML и XMI, текстовым описанием и документированным кодом на языке C++.

### Выводы

Язык UML SP разработан для поддержки методологии разработки объектных имитационных моделей Modeling SP. Эта методология представляет собой адаптированную версию *Унифицированного процесса* (Unified Process), общепризнанной и хорошо зарекомендовавшей себя методологии разработки программного обеспечения. Тем самым, язык UML SP открывает возможность применения современных концепций и методов программной инженерии в имитационном моделировании. В данной работе предложена метамодель языка имитационного моделирования UML2 SP. В качестве базового подхода к построению метамодели был выбран семиотический подход, т.е. понимание профиля как знаковой системы. Это новый подход в метамоделировании, который отличается более высокой степенью обоснованности. Язык UML2 SP с содержательной точки зрения подобен языку UML SP, но имеет принципиальное отличие – хорошо структурированную и формально определенную метамодель, основанную на метамодели языка UML 2.

### Литература

1. Гурьянов В. И. Имитационное моделирование на UML SP: монография / В.И. Гурьянов.– Чебоксары : Филиал СПбГЭУ в г. Чебоксары, 2014. – 135 с.
2. Object Management Group. OMG Unified Modeling Language (OMG UML) v2.5, OMG document number: formal/2015-03-01, 2015.
3. Никаноров С.П. Введение в концептуальное проектирование АСУ: анализ и синтез структур / С.П. Никаноров, Н.К. Никитина, А.Г. Теслинов - М.: Концепт, 2007. - 236 с.
4. Object Management Group. Ontology Definition Metamodel (ODM) v1.1, OMG document number: formal/2014-09-02, 2014
5. Dragan D. A UML profile for OWL ontologies / D. Dragan, G. Dragan, D. Vladan, and D. Violeta. - In Proc. of the Workshop on Model Driven Architecture: Foundations and Applications - Linkoping University, Sweden, 2004. -p.138-152.