



OSTIS-2016

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.822

ОБ ОНТОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Валькман Ю.Р., Степашко П.В.

*Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН и МОН
Украины, г.Киев*

yur@valkman.kiev.ua

pstepashko@gmail.com

В настоящее время объекты и системы моделирования непрерывно усложняются. Поэтому, весьма актуальна разработка средств интеллектуализации процессов моделирования. С нашей точки зрения, ядром системы интеллектуального моделирования является онтологическая база знаний. В статье рассматриваются некоторые принципы построения онтологии моделей, процессов моделирования, моделируемых объектов, решаемых проблем, задач

Ключевые слова: моделирование; онтология; интеллектуальная система; инфраструктура.

Введение

В настоящее время разрабатываются все более сложные объекты и технологии. Без моделирования создание таких систем невозможно. Поэтому, постоянно создаются новые методы моделирования, технологии практического применения которых также усложняются. Модели становятся все более многомерными, и сложноструктурированными. Без построения мультимодельных структур для анализа совместимости, сбалансированности различных комплексов моделей проектирование и исследование таких объектов невозможно.

Специалисты должны хорошо знать специфику своих предметных и проблемных областей, а не особенности технологий компьютерного моделирования. А без использования компьютерных систем в настоящее время, часто, моделирование невозможно. Мы должны накапливать положительный и отрицательный опыт построения и использования моделей различных процессов и объектов. Поэтому разработка методов и технологии интеллектуального моделирования представляются весьма актуальными.

Здесь *объектом исследования* являются процессы синтеза и анализа моделей (и их структур - отношений) сложных систем. *Предмет исследования* – технологии моделирования сложных объектов, процессов. Здесь, *цель исследования* – разработка принципов построения онтологии для разработки интеллектуальных компьютерных технологий моделирования.

1. Некоторые определения и ограничения

Одним из основных исследовательских видов деятельности человека является моделирование, т.е. способ изучения закономерностей изменения структуры различных процессов или явлений под воздействием различных факторов. В основе процесса моделирования лежит понятие модели.

Модель конструируется *субъектом* исследования (или управления) так, чтобы отобразить характеристики объекта (свойства, взаимосвязи, структурные и функциональные параметры и т.п.), существенные для целей исследования.

Поэтому вопрос о качестве такого отображения — адекватности модели объекту — правомерно решать *только относительно определенной цели*.

Модель — всегда искусственно созданный объект, который будучи адекватным исследуемому объекту, отображает и воспроизводит в более простом виде структуру, связи и взаимосвязи между элементами объекта, непосредственное изучение которого связано с какими-либо трудностями, и тем самым облегчает процесс получения информации об интересующем нас объекте.

Конструирование модели на основе предварительного изучения объекта и выделение его существенных характеристик, экспериментальный и (или) теоретический анализ модели, сопоставление результатов с данными об объекте, корректировка модели и т.д. составляют содержание моделирования.

Моделирование — это процесс адекватного отображения наиболее существенных сторон исследуемого объекта с той точностью, которая необходима для решения рассматриваемой задачи.

Введем следующее, удобное нам (для построения онтологии), определение модели [Перегудов и др., 1989].

Модель есть целевое отображение оригинала: абстрактное или реальное; познавательное или прагматическое; статическое или динамическое; конечное, упрощенное, приближенное; имеющее наряду с безусловно истинным, условно истинное и безусловно ложное содержание, ингерентное; адекватное; появляющееся и развивающееся в процессе практического использования.

Далее мы детально рассмотрим эти, базовые для нас, свойства моделей. Именно они (вместе с рассмотренными выше) будут классификаторами в онтологиях моделей и моделирования.

Или, более формально (детальнее см. [Валькман и др., 2012b]).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1. Под параметром P_i будем понимать формальную характеристику исследуемых свойств исследуемого/проектируемого сложного объекта.

По сути, любой параметр — это модель свойства или характеристики моделируемого объекта.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2. Моделью M_j будем называть любое отношение между параметрами (свойствами, характеристиками) сложного изделия, представляющее интерес с точки зрения исследования или проектирования.

Таким образом, любая модель формально это:

$$M_j: R(P_{1j}, P_{2j}, \dots, P_{ij}),$$

где: j — индекс (идентификатор) модели,

P_{ij} — i -тый параметр j -той модели,

R — отношение между параметрами.

Отношение R может быть представлено посредством множества нотаций (таблица решений, полином, дифференциальное уравнение, измерительная матрица, система продукций, фреймы, семантические сети и т.д.)

В [2] показана целесообразность и эффективность использования категорий лингвистики «текст» и «контекст» в формальных аппаратах представления знаний проектировщиков и исследователей сложных систем.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 3. Текстом M_T модели M будем называть формальную запись отношения R , отображаемого в модели.

Представляется вполне правомерным определить и категорию контекста модели. И к этому аспекту понятия модели отнести мотивировку ее корректности, описание постановки задачи, используемого формального аппарата и прочие

аспекты, которые не нашли свое отражение в тексте модели, но необходимы для адекватной ее интерпретации.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 4. Контекстом M_K модели M будем называть формализованные условия адекватности модели моделируемому объекту.

Часто, контекст модели определяется посредством областей допустимых значений параметров, но есть и «неявные контексты». Это — значения тех параметров, которые не представлены в тексте моделей. Далее мы будем широко использовать эти понятия.

Рассматриваем мы только знаковые модели (см., например, в [Валькман, 2012a]). Это — всегда абстрактные модели, имеющие символическое представление. Частным случаем таких моделей являются математические, т.е. представленные в форматах математической нотации.

Исчислением символических моделей занимаются специалисты искусственного интеллекта (см. гипотезу «символических моделей» Ньюэла-Саймона, например, в [Саймон, 1972]).

К интеллектуальным технологиям, таким образом, мы приходим с двух сторон. *Во-первых*, сложные проблемы не моделируются без компьютера. *Во-вторых*, технология современного моделирования не может быть не интеллектуальной.

Здесь мы не будем анализировать понятие интеллектуальности каких-либо процессов (см. в [Гаврилова и др., 2000]). Заметим, любой процесс мышления интеллектуален, но, теперь, *интеллектуальность* практически всегда, подразумевает *компьютерность* реализации соответствующих процессов. Мы с этим согласны. Но, здесь нам интересна интеллектуальность моделирования, а нормальных определений этого понятия мы пока не нашли.

Поэтому, здесь, на основании общих соображений, нашего и «чужого» опыта (в создании и практического использования систем ИИ (см., например, [Гаврилова и др., 2000; Guarino, 1992]), мы будем считать, что *интеллектуальность моделирования состоит в автоматизированном (или автоматическом) использовании общих и специальных знаний процессов моделирования, полученных и используемых при решении практических проблем.*

Обратим внимание, что мы здесь не стремимся к строгому определению. Главное, построить систему, которая максимально аккумулирует, систематизирует, классифицирует опыт моделирования различных процессов, объектов, ситуаций и обеспечивает возможность его автоматизированного (или автоматического) использования при решении практических задач.

В настоящее время такие системы называются онтологиями. Широко известны многие интерпретации этого понятия. Поэтому, здесь ведем

рабочее определение (сформулированное на основе дефиниций Т. Грубера, Н. Гуарино, Т. Гавриловой, В. Хорошевского и др.), ориентированное на обеспечение процессов интеллектуального моделирования. *Онтология – специализированная база знаний, в которой эксплицированы все концепты и отношения между ними, необходимые и достаточные для решения задач данной проблемной области.*

2. Метасистемы и инфраструктуры моделирования

На рис. 1 представлена схема метасистемы моделирования. В этой структуре выделяется 3 класса компонент:

- *объекты моделирования,*
- *модели этих объектов,*
- *субъекты (проектировщики моделей).*

Обратим внимание, что отношение моделирования не бинарно (*объект - модель*), а тернарно. У любой модели всегда есть автор. Он определяет цели, исследует решаемые проблемы. Выбирает свойства, которые считает значимыми для данной цели, синтезирует для нее параметры, выбирает методы и средства моделирования.

Заметим, часто, модель синтезируется одним субъектом, а анализируется другим, и, тогда, особое значение приобретает описание контекста модели (особенно неявного) – см. определения 3 и 4 выше.

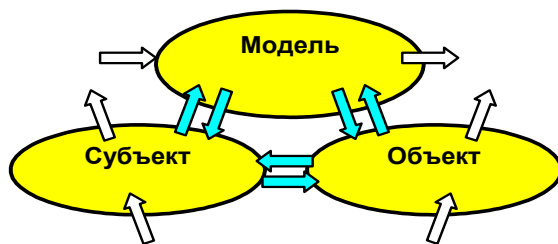


Рисунок 1 - Метасистема моделирования

Все стрелки на рисунке соответствуют отношениям между компонентами метасистемы моделирования и некоторыми процессами.

Соответственно (см. рис. 1) выделяются и три базы знаний. Можно также говорить о трех взаимосвязанных онтологиях.

1. В первой онтологии осуществляется концептуализация знаний о моделях, которые были построены ранее для различных объектов. Для построения структуры моделей необходимо построить классификаторы по различным критериям. В частности, важны: родо-видовые (таксономия) классификаторы, системные отношения (часть-целое, мерология), причинно-следственные, функционально-структурные. Должны в этой онтологии поддерживаться классификаторы свойств моделей, рассмотренные во втором разделе и многие другие. Эти структуры

еще и являются базовыми для ввода новых моделей в базу знаний.

Заметим, в этой и всех других онтологиях выделяются общая и специализированная части. Первая – ориентирована на поддержку любой системы моделирования, а во второй отражаются знания специальных моделирующих систем.

И, конечно, эта онтология должна быть связана со всеми другими онтологиями интеллектуального моделирования.

2. Во второй онтологии производится структуризация знаний о моделируемых процессах, явлениях, объектах. В дальнейшем все моделируемое будем называть объектами моделирования. Эти объекты целесообразно рассматривать как системы и они также классифицируются посредством родо-видовых, системных (часть-целое), причинно-следственных и т.п. отношений.

Конечно, эти онтологии (можно говорить об онтологиях материального (реального) мира) связаны отношениями со всеми другими онтологиями интеллектуального моделирования.

3. В третьей онтологии концептуализируются знания конструкторов моделей. В этих онтологиях отражаются знания целей моделирования, используемые средства, методы, технологии, решаемые задачи и проблемы, отношения «проблемы-задачи». Традиционно эта компонента называется онтологией задач. Но, здесь находятся и знания алгоритмов или технологий их решения.

Структура этой онтологии базируется на классификаторах методов, технологий, целей, средств моделирования. При структуризации этих отношений помимо традиционных структур (таксономия, мерология, и т.п.) используются текстовые описания. Очень важным компонентом этой онтологии является не только статистика (успешные и «неуспешные» проекты моделирования), но и анализ причин успеха и «неуспеха» применений различных методов, технологий в различных конкретных случаях. Это сложные отношения в системе «*решаемая проблема (задача) – технология (метод, средство, алгоритм – объект - модель*»

Метасистема не имеет выделенного объекта, относительно которого ведется исследование. Кроме того, здесь и далее понятие метамодели будет использоваться несколько в другом аспекте. Поэтому, будем говорить об инфраструктуре некоторой выделенной системы.

Инфраструктура — комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур или объектов, составляющих и/или обеспечивающих основу функционирования системы

Поскольку компонента «*проблема (задачи)*» занимает особое место в структурах моделирования (она влияет на выбор цели (или наборот), метода,

технологии, структуры исходной модели и т.д.), то целесообразно выделить отдельно эту компоненту в инфраструктуре модели. Мы назвали эту структуру «расширенной» (появилась, новая, нетрадиционная компонента).

На рис. 2 представлена схема этой инфраструктуры. Здесь, помимо традиционной метасистемы моделирования, появилась компонента «проблема (задача)» и, теперь мы все рассматриваем относительно «МОДЕЛИ». Нам интересно, какая проблема решается посредством синтеза данной модели, какой объект отражается в данной модели, кто построил данную модель или кто ее использует при решении данной задачи.



Рисунок 2 - Инфраструктура модели

Мы можем в центр инфраструктуры поставить любой из этих четырех компонент. На рис. 3 представлена инфраструктура РЕШАЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ.



Рисунок 3 - Инфраструктура решаемой проблемы

Теперь мы рассматриваем все относительно *проблемы (задачи или их множества)*, которую мы решаем посредством моделирования соответствующего объекта. При этом автор определяет цель, адекватную решаемым задачам, значимые параметры объекта моделирования, выбирает методы, алгоритмы, технологии решения задач и т.д. Информация об объекте, которую субъект должен получить при моделировании, различается в зависимости от задачи. Понять, какая информация существенная, а какая — нет, это отдельная проблема, общего решения которой не существует. Именно на решение этих проблем и

ориентированна онтология интеллектуального моделирования.

Здесь мы предлагаем, по сути, технологию центрирования схем инфраструктур онтологий для обеспечения полноты и согласованности решаемых проблем интеллектуализации моделирования.

3. Классификация моделей систем по Клиру

Предварительно необходимо рассмотреть отношения «система - модель». Представляется вполне очевидным, что любая модель является системой (отношений между параметрами, характеризующими объект моделирования). И любая система является разновидностью модели объекта моделирования. В том смысле, что система – это некоторое представление объекта моделирования (в форме отношений между его компонентами на весьма абстрактном уровне).

С нашей точки зрения, наиболее целесообразной основой классификации моделей для построения онтологии их структур является иерархия систем, исследуемая в [Клир, 1990] для построения ЭС моделирования сложных систем. На рис. 4 представлена полурешетка эпистемологических типов систем Клира. Он рассматривает 5 обобщенных уровней наших знаний о системах:

- *исходные системы* (базовые свойства, характеризующие систему),
- *системы данных* (матрицы значений соответствующих свойствам параметров),
- *порождающие системы* (модели - правила, законы, формулы и т.д. - устройства и/или ее функционирования),
- *структурированные системы* (отношения между построенными моделями для сложных систем),
- *метасистемы* (отношения между построенными ниже отношениями).

Рассмотрим подробнее эти пять уровней.

1. *Исходные системы (S)*, по сути, представляют собой вектора значимых (существенных) параметров, которые характеризуют модели исследуемых систем. В основе формирования этого вектора находятся только наши гипотезы (основанные на опыте и анализе аналогий) о моделируемом объекте. Исходная система – это схема, по которой могут быть сделаны наблюдения отобранных признаков.

2. В *системах данных (D)*, как правило, находятся матрицы некоторой информации. Они могут быть получены, по крайней мере, тремя путями. *Во-первых*, в результате наблюдений или измерений. *Во-вторых*, они могут быть выведены из систем (моделей) более высоких уровней или вычислены посредством каких-либо методов или технологий. *В-третьих*, эти матрицы могут быть

построены проектировщиком каких-либо систем (см., например, в [Валькман и др., 2012b]).

3. *Порождающие системы (F)* (см. рис. 4), часто, представлены полиномиальными уравнениями (в случае применения методов математической статистики к измерительным матрицам). Но, порождающими моделями (системами) могут быть и дифференциальные уравнения, и продукционные системы, деревья решений, семантические сети и т.д. Основная функция моделей этого типа является возможность порождения информации о поведении или структуре моделируемого объекта.

Следующие два уровня эпистемологии Клира целесообразно рассматривать на основе схемы полурешетки, представленной на рис. 4. Эти системы соответствуют отношениям «часть-целое» и «род-вид».

4. *Структурированные системы (SS, SD, SF)*, если говорить в общих чертах, представляют собой набор исходных систем, систем данных или порождающих систем, имеющих общее параметрическое представление. Системы, образующие структурированную систему называются ее *компонентами*. Некоторые параметры у них будут общими. Их называют *связывающими* параметрами. Они представляют взаимодействия между компонентами. В [Клир, 1990] рассматривается розовый куст в горшке. В этой структурированной системе выделяется шесть компонент (подсистем - моделей): *почва, корни, стебель, сок растения, листья и цветы*.

В [Валькман и др., 2012b] представлена специальная методология построения и исследования модельно-параметрического

пространства моделей объектов военного кораблестроения. Это пространство соответствует многоуровневой структурированной системе.

В базе знаний этой системы поддерживается синтез и анализ около 2000 моделей, которые построены на 700 параметрах (см. в [Валькман и др., 2012b]).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 5. Под *модельно-параметрическим* ($\langle M, P \rangle$ -) пространством будем понимать множество всех моделей, параметров, отношений между ними, характеризующих свойства (проектируемого и/или исследуемого) объекта.

В общем случае $\langle M, P \rangle$ -пространство можно трактовать как двудольный граф (понимая под его вершинами - различные M и P , а под дугами — отношения между ними) или семантическую сеть со специальными свойствами. Структура $\langle M, P \rangle$ -пространства детально рассмотрена в [Валькман и др., 2012b].

5. *Метасистемы (MS, MD, MF)* в приложении к системам включают три смысла:

- 1) метасистема может быть определена только *после* того, как определены другие типы систем;
- 2) эта система описывает *изменение* – замену одной систему другой;
- 3) она выше отдельных систем – процедура замены делает ее чем-то большим, чем набор отдельных процедур.

В качестве примера метасистемы Клир в [Клир, 1990] приводит интегрированную систему с данными (D) работу светофора: *обычно, ночью и в час пик*.

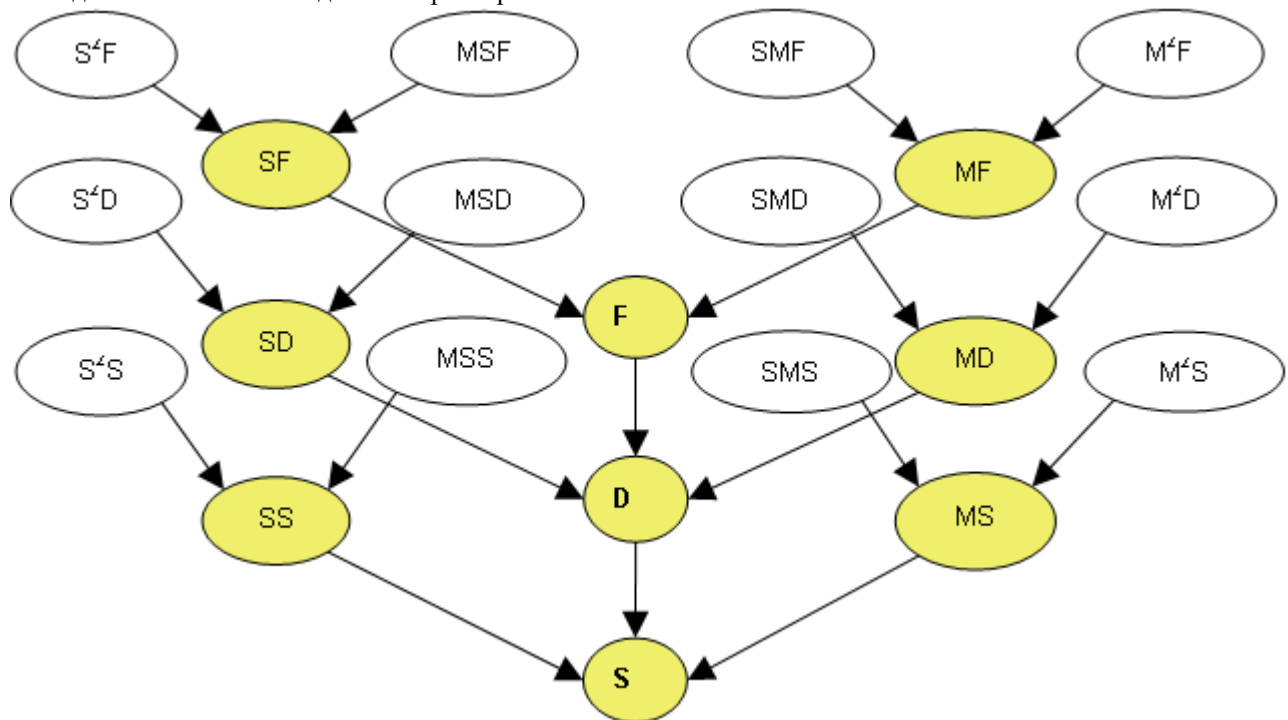


Рисунок 4 - Полурешетка эпистемологических типов систем

Мы в метасистемах видим не только отражение динамики, но и представление структур статических отношений «род-вид».

Последние два класса систем могут применяться многократно друг к другу и/или рекурсивно (см. *SMS, SMD, SMF, MSS, MSD, MSF, M²S, M²D, M²F, S²S, S²D, S²F*, в полурешетке на рис. 4). Так например, для корабля одна из структурированных исходных систем второго уровня *S²S* - модели всех видов качек (суперпозиция бортовой, килевой, вертикальной и др. видов качек структуры *SS*) в интегрированной модели (*<M, P>*-пространстве) корабля *S⁴S*.

Рассмотренные здесь классификации систем (для нас, *моделей*) и принципы построения *<M, P>*-пространства являются базой для разработки онтологий интеллектуального моделирования.

Заключение

В статье рассматриваются некоторые принципы построения онтологии моделей, процессов моделирования, моделируемых объектов, решаемых проблем, задач для разработки и использования интеллектуальных систем моделирования. В дальнейшем планируется создание компьютерной системы, обеспечивающей создание и использование онтологических БЗ, некоторые принципы создания которых здесь изложены.

Разработанные программно-информационные системы могут использоваться в комплексе. Но, могут применяться и локально в различных приложениях. Так различные онтологические БЗ могут использоваться в качестве основной компоненты при создании ЭС моделирования в разнообразных предметных и проблемных областях. Могут они применяться и в качестве инструментальных комплексов при разработке различных интеллектуальных систем и технологий.

Библиографический список

- [Валькман, 2012a] Валькман Ю.Р. Когнитивная семиотика // Сб. научн. тр. 1 Междунар. симпозиума "Гибридные и синергетические интеллектуальные системы: теория и практика", Москва, Калининград, "Наука. Физматлит", май, 2012, с. 98-116.
- [Валькман и др., 2012b] Валькман Ю. Р., Гриценко В.И., Рыхальский А. Ю. Модельно-параметрическое пространство. Теория и приложение. Киев: Наукова думка, 2012. – 257 с.
- [Гаврилова и др., 2000] Гаврилова Т. А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний в интеллектуальных системах. – Санкт-Петербург, Питер, 2000 г. – 384 с.
- [Клир, 1990] Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. - Москва: Радио и связь, 1990. - 544 с.
- [Перегудов и др., 1989] Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ — М.: Высш. школа, 1989. – 376 с.
- [Саймон, 1972] Саймон Г. Науки об искусственном. - Москва: Мир, 1972. – 242 с.
- [Guarino, 1992] Guarino N. Concepts, attributes and arbitrary relations // Data Knowledge Engineering. 1992. 8. pp. 249-261.

ON ONTOLOGIES OF INTELLECTUAL MODELING

Valkman Y.R., Stepashko P.V.

International Research and Training Center for Information Technologies and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine and Ministry of Education and Science of Ukraine, Kiev

yur@valkman.kiev.ua

pstepashko@gmail.com

The core of the intellectual modeling system is an ontology. Some principles of building an ontology of models, modeling processes, objects being modeled, problems are discussed.

Introduction

Models are becoming more complicated. Specialists have to be closely familiar with the specifics of their problem areas, not the specifics of the computer modeling technologies. Therefore, the development of methods of intellectual modeling is considered of current interest.

Main Part

The *intellectuality of modeling* will be considered to comprise automated usage of common and specific knowledge of the modeled processes, acquired and used while solving practical problems. The basis of building such systems would be ontologies. They are built on the basis of classifiers of appropriate objects and processes.

A few principles of development of classification are reviewed. In the modeling system three components can be separated: modeled objects, models of the objects, subjects (the model designers). In the semilattice of epistemological system types of J. Klir, 5 classes of models are discussed. The first three (*source systems, data systems and generating systems*) are sets. The other two classes (*structured models and metamodels*) are recursive sets.

These structures provide the possibilities to accumulate successful and unsuccessful experience in modeling of complicated objects for its practical application.

Conclusion

The principles of constructing metasystems, infrastructures, model classifiers that were considered here are the basis of development of ontologies of intellectual modeling.