

СЕМАНТИКА МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ САПР

Григорьев А.В.

Кафедра ПМИИ, ДонГТУ
grigorie@r5.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Grigoriev A.V. Semantics model of subject area for intelligent CAD. Semantics of conceptual model of subject area, fixed in a basis of a tool environment for creation intelligent CAD, is considered. Principles representation of the given model the means of artificial intelligence are defined.

Введение

Комплекс моделей в классической САПР [1] составляет ярко выраженную систему взаимосвязанных уровней знаний о действительности. Ранее имели место попытки (система ИСКРА [2]) построить иерархию взаимосвязанных моделей в САПР средствами, отличными от средств систем искусственного интеллекта (СИИ). Целью такого подхода являлось обеспечение построения инструментального программного комплекса для создания САПР.

Отсутствие практически применимых результатов показали высокую трудность решения задачи в общей постановке, а так же ограниченные возможности классических методов решения данной задачи. Таким образом, актуальной является задача построения иерархии уровней моделей САПР средствами СИИ при условии определения четких границ в постановке задачи.

Среди концепций построения инструментальных оболочек (ИО) для создания экспертных систем специфике САПР как экспертной системы в наибольшей степени соответствует концепция *мета-оболочек* [3]. Технология создания экспертных систем с помощью мета-оболочек предполагает построение концептуальной модели предметной области (КМ ПрОб), заданной как система взаимосвязанных уровней знаний о действительности - метазнаний.

Недостатками базовой концепции мета-оболочек с точки зрения САПР являются:

- унифицированный подход, не учитывающий особенности уровней и форм представления моделей в САПР;
- отсутствие средств и методов представления модели пространства и времени (МПВ) и ряд других [4].

Для устранения указанных недостатков базовой концепции мета-оболочек была выдвинута концепция построения специализированной мета-оболочки [4] для создания интеллектуальных САПР - мета-эвристической оболочки (МЭО). Назначение, структура и основные характеристики МЭО приведены в [5].

Целью данной работы является определение семантики КМ ПрОб для МЭО в соответствии с требованиями САПР, т.е. определение четких границ в постановке задачи построения иерархии уровней моделей САПР в КМ ПрОб МЭО и словесная содержательная формулировка положений, составляющих основу КМ ПрОб.

Решение данной задачи обеспечит возможность формального представления комплекса моделей в классической САПР средствами ИИ как системы взаимосвязанных уровней знаний о действительности.

1. Система уровней моделей в САПР

В САПР различаются уровни моделей [2]:

- 1) структурный;
- 2) системный;
- 3) функционально-логический с дискретными значениями параметров;
- 4) количественный, с непрерывными сосредоточенными параметрами (макромоделли);
- 5) количественный, с непрерывными распределенными параметрами (микромоделли).

Перечисленным уровням можно дать следующую характеристику с точки зрения особенностей представления объектов (см. табл. 1).

Таблица 1. Характеристики уровней представления моделей в САПР.

Характеристика	Структурная модель	Системная модель
<i>Модель времени:</i> <i>Шкала времени:</i>	- нет; - нет;	-дискретная; -одномерная, относительная;
<i>Модель пространства:</i> <i>Шкала пространства:</i>	-дискретная, конечная; -одномерная, относительная;	-дискретная, конечная; -одномерная, относительная;
<i>Модель потенциала:</i> <i>Число потенциалов:</i>	- нет; - 0;	- дискретная; - 1;
<i>Поток (ток)</i>	дискретный	дискретный
<i>Направление потоков</i>	одно -направленные	одно - направленные
<i>Характеристики источника</i>	нет	мощность в точке
<i>Семантика функции</i>	нет	мгновенное выравнивание потенциалов двух точек
<i>Форма функции</i>	нет	таблицы
<i>Законы сохранения</i> 1) движения; 2) массы; 3) энергии	1) нет; 2) статичность структуры; 3) нет;	1) нет; 2) статичность структуры; 3) сигнал доходит по назначению;
<i>Модель параметров</i>	нет	сопротивление, источник напряжения
<i>Связи параметров (между собой, простр., врем. и т.д.)</i>	нет	между собой внутри ПрОб

Продолжение таблицы 1.

Характеристика	Функционально-логическая	Макромодель	Микромодель
<i>Модель времени:</i> <i>Шкала времени:</i>	- дискретная; - одномерная, относительная;	- непрерывная; - одномерная, абсолютная;	- непрерывная, - одномерная, абсолютная;
<i>Модель пространства:</i> <i>Шкала пространства:</i>	- дискретная, конечная; - одномерная, относительная;	- дискретная, конечная; - двумерная, абсолютная;	- непрерывная, бесконечная; - трехмерная, абсолютная;
<i>Модель потенциала:</i> <i>Кол-во потенциалов:</i>	- дискретная; - 1;	- непрерывная; - 1;	- непрерывная; - >1
<i>Поток (ток)</i>	дискретный	непрерывный	непрерывный
<i>Направление потоков</i>	одно - и дву - направленные	направление не фиксировано	направление не фиксировано
<i>Характеристики источника</i>	мощность в точке	мощность в точке	мощность и плотность в элементарном объеме
<i>Семантика функции</i>	мгновенное выравнивание потенциалов двух точек	выравнивание потенциалов двух точек во времени	выравнивание потенциалов через поверхность во времени
<i>Форма функции</i>	таблицы, алгебраические уравнения	обыкновенные дифференциаль- ные уравнения	дифференциаль- ные уравнения в частных производных
<i>Законы сохранения</i> <i>1) движения;</i> <i>2) массы;</i> <i>3) энергии</i>	1) нет; 2) статичность структуры; 3) сигнал доходит по назначению;	1) законы Кирхгофа; 2) статичность структуры; 3) сигнал доходит по назначению;	1) обобщенный вид; 2) "-"; 3) "-";
<i>Модель параметров</i>	сопротивление, источник напряжения	индуктивность, емкость, сопротивление, источник тока или напряжения	характер изменения потока и потенциала во времени в элементарных объемах
<i>Связи параметров в ПрОб (между собой, простр., врем. и т.д.)</i>	между собой внутри ПрОб, со временем	между собой внутри ПрОб, со временем	связь внутри ПрОб и между различными ПрОб, со вре- менем и пространством

Особо следует отметить, что уровень количественной микромоделю включает в себя практически все известные методы представления моделей. В табл. 2 показаны типы зависимостей, задаваемые на различных уровнях моделей САПР.

Таблица 2. Уровни представления моделей в САПР как множества связей.

N	Типы связей объектов и необходимые совокупности свойств объектов	Уровень			
		Структурный	Системный	Логический	Количественный
1	Структурные и причинно-следственные связи;	+	+	+	+
2	Функциональные связи	-	+	+	+
3	Вещественные, энергетические и пространственные связи;	-	-	-	+

В табл. 3 доказаны некоторые способы упрощения моделей, соответствующие возможным подуровням в пределах названных уровней моделей в САПР.

Таблица 3: Отличие подуровней представления моделей на уровнях моделей в САПР

N	Система упрощений на уровне	Уровень			
		Структурный	Системный	Логический	Количественный
1	Глубина иерархии блоков (уровни агрегации структур)	+	+	+	+
2	Количество свойств и значений свойств (уровни агрегации свойств)	-	-	+	+
3	Объект как модель функции с моделью структуры или без нее	-	-	+	+

Алгоритмы движения моделируемых объектов во времени и пространстве на различных уровнях моделей САПР задаются следующим образом:

- 1) На уровне структурной модели движение не рассматривается;
- 2) На уровнях системной и функционально-логической модели - комплексом методов имитационного моделирования;
- 3) На уровне количественной макро- и микромоделю - комплексом численных методов [6] решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных.

Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных часто производится методом конечных разностей. При этом, область непрерывного изменения аргументов заменяется конечным дискретным множеством точек, а дифференциальные уравнения заменяются по определенной схеме своими разностными аналогами. Для решения полученных систем уравнений могут применяться итерационные методы. Для поиска решения в некоторой точке сетки могут применяться ссылки на значения искомой функции в 2, 3, 4 или более смежных точках, принадлежащих пространству одного, двух или большего числа измерений, куда в качестве отдельного измерения может входить время. Направление движения расчетов по множеству точек при решении системы уравнений определяется конкретным методом. Среди численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений с помощью сеток можно назвать, например, метод Эйлера, Рунге-Кутта, Адамса, а среди методов решения уравнений в частных производных - метод дробных шагов, метод прямых и т.д.

В специфичном методе конечных элементов пространство определения функции разбивается на ряд областей с помощью набора точек. В пределах каждого конечного элемента задается интерполяционный многочлен, аппроксимирующий искомое решение. Входящие в интерполяционные формулы коэффициенты выражаются через значения функции в узлах. Неизвестные значения функций в узлах отыскиваются методами вариационного исчисления с помощью построения функционала, минимум которого достигается в том случае, когда удовлетворяется исходное дифференциальное уравнение.

Теоретическую базу МПВ численных методов составляет теория линейных векторных пространств [7]. К основным понятиям данной теории относятся вектор, норма вектора, линейный оператор, собственные числа оператора и т.п. [8].

Алгоритмы движения в пространстве и времени в методах имитационного моделирования представлены событийными моделями, использующими синхронное и асинхронное моделирование. В силу своей простоты МПВ имитационного моделирования могут быть определены как частный случай МПВ численных методов.

Теория системного анализа (СА) определяет этап предварительного исследования объектов, проектирование которых обеспечивается САПР. Методы представления объектов в СА [9] (табл. 4) должны иметь соответствие в КМ ПрОб МЭО.

Таблица 4 Требования системного анализа к моделям САПР

N	Требования	Теория
1	Представление объектов как совокупности свойств	Системообразующие и базовые свойства
2	Представления жизненного цикла объектов	Создание, функционирование, реконструкция, демонтаж

Теория построения систем автоматизации научных исследований (АСНИ) определяет этап поискового конструирования сложных технических объектов, проектирование которых обеспечивается САПР. Методы представления объектов в АСНИ определяют ряд общеметодологических требований к представлению моделей, которые должны иметь соответствие в КМ ПрОб МЭО. Это такие требования как:

- существование свойств как отражение существующей связи между объектами [10,11,12];
- наличие модели релятивистских эффектов теории относительности и т.д.

2. Предлагаемые решения

Т.о., с увеличением номера уровня моделей в иерархии моделей САПР возрастает и уровень требований к средствам КМ ПрОб инструментальной оболочки для построения интеллектуальных САПР от простейших требований на структурном уровне до чрезвычайно высоких и практически не реализуемых требований уровня микромоделей. Исходя из вышесказанного, можно предложить такую ограниченную постановку задачи представления системы уровней моделей САПР в КМ ПрОб МЭО:

- а) реализовать представление моделей структурного и логического уровней;
- б) рассматривать системную модель как простейший случай логической модели, а количественную макромоделю - как предельно сложный случай логической модели;
- в) исключить из процесса построения моделей количественную микромоделю, используя ее только в качестве источника наиболее общих требований к средствам представления моделей.

Словесная содержательная формулировка положений, составляющих основу КМ ПрОб МЭО, исходя из вышесказанного, должна обеспечивать такие требования:

1) В основу иерархии моделей в САПР должна быть положена иерархия уровней МПВ, должна обеспечиваться выполнение законов сохранения, наличие одно- и дву- направленность сигналов и т.д. (требования табл. 1, 2 и 3).

2) КМ ПрОб должна включать основные положения теории линейных векторных пространств. Следовательно, КМ ПрОб представляет собой линейное векторное пространство, задающее множество физических точек.

3) КМ ПрОб должна включать основные положения СА. Следовательно, КМ ПрОб представляет собой множество жизненных циклов объектов, заданных как системы свойств, среди которых есть обязательные и факультативные и т.д.

4) КМ ПрОб должна обеспечивать основные общеметодологические требования к моделям (см. АСНИ).

Исходя из принятого подхода и набора вышеперечисленных требований, предлагается следующая словесная содержательная формулировка положений, составляющих основу КМ ПрОб МЭО:

- жизненный цикл объекта представляется как совокупность линейных векторных пространств, соответствующих числу необходимых тактов времени;
- линейные векторные пространства связаны набором "временных" связей;
- элементами линейных векторных пространств являются пространственные координаты, связанные совокупностью "пространственных" связей, определенных внутри "временных" связей;
- пространственная координата может рассматриваться как физическая точка (ФТ), в случае, если состав и значения ее свойств отличается от "неопределено" [13];
- свойства ФТ возникают только как факт отражения существования "простых" связей между ФТ внутри "пространственных" связей;
- "собственное" свойство - идентификатор ФТ есть некоторая фазовая переменная данной ПрОб, задающая потенциал точки для некоторой субстанции; задается посредством "кольцевого" отношение над ФТ;
- совокупность "собственных" свойств ФТ определяется уровнем представления модели и ПрОб;
- "чужое" свойство ФТ - задание факта наличия связи - отношения, задающего меру влияния потенциала другой ФТ на потенциал данной ФТ; задается посредством "простой" связи над парой ФТ;
- "модель функции ФТ задается табличным образом как множество возможных комбинаций значений свойств-потенциалов ФТ (по всем временным. пространственным и "простым" связям), когда-либо имевшим место на практике;
- отношение зависимости связанной пары потенциалов "свой" - "чужой". выделенное внутри модели функции ФТ, определяет меру влияния "чужого" потенциала на "свой" потенциал ФТ и задает поток, направленный на уравнивание потенциалов во времени; данное отношение задается как функция "простой" связи. определенной внутри "пространственной" связи;
- отсутствие в наборе свойств некоторой ФТ1 "чужого" свойства ФТ2 говорит о невозможности влияния потенциала ФТ2 на потенциал ФТ1 (отсутствующая или однонаправленная связь);
- функция "простой" связи определяется таблично как совокупность историй поведения ее во времени и косвенно задает параметры связи (емкость, сопротивление и т.д.);
- модель функции ФТ строится в соответствии с законами сохранения движения и энергии;

- модели функций ФТ и "простых" связей задают функциональные и энергетические связи (см. таб. 2), простые связи задают структурные и причинно-следственные связи, пространственные связи задаются явно (см. выше);
- вещественные связи, связанные с переносом вещества, определяются как изменение ФТ своих пространственных координат и строятся в соответствии с законом сохранения массы;
- переход на новый уровень представления модели предполагает не только декомпозицию избранного набора ФТ (блоков) и свойств на более мелкие, но и увеличение числа этих точек, т.е. изменение (расширение) вышележащих уровней декомпозиции.

Заклучение

В предложенной работе определена семантика КМ ПрОб для МЭО в соответствии с требованиями САПР, СА и АСНИ. Представленная КМ ПрОб может быть отнесена к моделям с сосредоточенными параметрами и ориентирована на структурный и логический уровень представления моделей в САПР. Определение семантики КМ ПрОб для МЭО обеспечивает возможность решения задачи формального представления комплекса моделей в классической САПР средствами ИИ как системы взаимосвязанных уровней знаний о действительности.

Литература

1. Норенков И.П. Разработка систем автоматизации проектирования. М.: МГТУ им. Э.Н. Баумана, 1994. – 207 с.
2. Норенков И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. М.: Высш. шк., 1986. - 304 с.
3. Клещев А.С. Экспертные оболочки, основанные на знаниях. III конференция по искусственному интеллекту. КИИ-92. Сборник научных трудов в двух томах. Т.2. Казань. - С. 119-121.
4. Григорьев А.В. Унифицированная концептуальная модель предметной области. В кн. Информатика, кибернетика и вычислительная техника (ИКВТ-97). Сборник трудов ДонГТУ, Выпуск 1. Донецк: ДонГТУ, 1997. - С. 225-228.
5. Григорьев А.В. Каспаров А.А., Горшкова Е.Н. Особенности реализации мета-эвристической оболочки для построения САПР. Научные труды Донецкого государственного технического университета Серия: Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем, выпуск 10: - Донецк, ДонГТУ, 1999. - С. 217-222.
6. Пирумов И.Г. Численные методы. - М.: Изд-во МАИ, 1998. - 188 с.
7. Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы сеточных уравнений. Методы решения сеточных уравнений. М.: Наука, 1978. - 592 с.
8. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Линейная алгебра. М.: Наука, 1974. - 296 с.
9. Зубенко Ю.Д. Системный анализ. Донецк: ДонГТУ, 1995. - 166 с.
10. Рейхенбах Г. Философия пространства и времени: Пер. с англ. /Общ.ред. А.А. Логунова; Послесл. А.А. Логунова и И.А. Акчурина.- М: Прогресс 1985. - 344 с.
11. Колосков В.Ю. Системы отсчета и системы описания. Часть I. Системы отсчета. М.: "Белка", 1993. - с. 37.
12. Колосков В.Ю. Системы отсчета и системы описания. Часть II. Системы описания. Часть III. От пространства-времени - к Пространству - Духу. М.: "Белка", 1993. - 48 с.
13. Григорьев А.В. Представление недоопределенности знаний в инструментальной оболочке для построения САПР. Искусственный интеллект. N 1, 1999, С. 96-106.