

КОМПЛЕКС МОДЕЛЕЙ САПР КАК СИСТЕМА ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ УРОВНЕЙ ЗНАНИЙ О ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТИ

Григорьев А.В.

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

Abstract

Grigoriev A.V. Complex of models CAD as system interconnected levels of knowledge about the validity. System of global axioms semiotic of model of subject area is offered. The system of axioms includes 6 certain levels: 1) initial model; 2) tasks of time 3) models of spaces; 4) spatial points; 5) "simple" properties 6) meanings of "simple" properties. The global axioms are set as systems of local axioms of certain levels. At the description of local axioms rules of construction syntaxis of the correct formulas are set.

Введение

Решение проблемы создания инструментальной мета-оболочки (ИО) [1] для построения интеллектуальных САПР - мета-эвристической оболочки (МЭО) является актуальной задачей [2,3]. 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. В работе [3] определена постановка задачи построения иерархии уровней моделей САПР в КМ ПрОб МЭО и дана содержательная формулировка положений, составляющих основу КМ ПрОб. Целью данной работы является формальное представление комплекса моделей в классической САПР средствами ИИ как системы взаимосвязанных уровней знаний о действительности.

1. Основные принципы построения КМ ПрОб

Комплекс взаимосвязанных уровней метазнаний средствами СИИ должен отвечать следующим главным требованиям [2]:

- 1) выполняться в форме семиотической модели (СМ);
- 2) отражать семантику концепции "возможных миров" Крипке;
- 3) включать модель пространства и времени (МПВ);
- 4) интегрировать возможности технологий проектирования сложных систем (объектно-ориентированный подход, CASE-технологии);
- 5) обеспечивать работу с различными типами недоопределенностей и включать механизм динамических недоопределенных вычислительных моделей (сетей);
- 6) обеспечивать формирования базы знаний на каждом уровне метазнаний средствами обучения по примерам и на основе экспертных знаний.

Вкратце коснемся наиболее важных положений из данного списка.

СМ представляет собой открытую формальную систему, способную обеспечить индуктивный и дедуктивный вывод решений [4]: $F = \langle T, C, A, P, r, b, g, d \rangle$, где T - множество базовых элементов системы, на которых строятся все выражения в F ; C - множество правил построения синтаксически правильных формул; A - множество аксиом F , образующие подмножество формул в C , которым априорно присваивается статус истинности; P - множество правил вывода, или семантические правила, позволяющие получать из аксиом новые синтаксически правильные формулы, которым можно приписывать статус истинности; r, b, g, d - правила изменения, соответственно для T, C, A и P .

СМ может рассматриваться как аппарат реализации концепции множества "возможных миров" Крипке [5], т.е. системы формальных логических моделей, связанных отношениями "достижимости".

МПВ, составляющей базис КМ ПрОб, посвящен многочисленный ряд работ: физических [6,7], философских [8] и формально-логических. Среди последних наиболее полный аппарат представления системы уровней МПВ приведен в работе [9]. В ней МПВ задается как закрытая формальная модель и основывается на многосортной логике. Множество элементов сигнатуры формальной системы включает базовые и производные сорта. В состав базовых сортов входят: прямая линия с заданным направлением; точки прямой; конечные замкнутые интервалы на прямой; конечные и бесконечные последовательности непересекающихся интервалов на прямой и т.д. Множество производных сортов строится с помощью декартового произведения или объединения базовых сортов. Для задания производных сортов используются фреймы сортов и фреймы отношений. Сорта для формально-логических моделей пространства и времени строятся практически аналогично. Недостатки данной МПВ: 1) статичный характер МПВ; 2) отсутствие отношения подчиненности в схеме пространство - время; 3) не рассматриваются понятия системного анализа, такие как материальный объект, свойство объекта, внешняя среда, граница с внешней средой, системообразующее свойство на объекте, база системы, система, функция, жизненный цикл и т.п. [10]; 4) МПВ не позволяет представлять свойства объектов, отличные от временных и пространственных; 4) явно не определены средства задания системы уровней МПВ, связанных между собой, и т.д. Все прочие работы по МПВ, более ранние [11,12] или более поздние [13,14], как правило, вовсе не рассматривают системы уровней МПВ и рассматривают время либо в отрыве от пространства, либо вовсе игнорируют пространство. Таким образом, они семантически являются частными случаями МПВ [9] или незначительно от нее отличаются, имея примерно тот же набор недостатков. Разработка новой МПВ, отвечающей требованиям САПР, обеспечит построение специализированной ИО для создания интеллектуальных САПР.

Кроме того, КМ ПрОб должна интегрировать в себе основные возможности технологий, предназначенных для автоматизации процессов проектирования, исследования и сопровождения сложных систем, включая: объектно-ориентированный подход; многочисленные методологии структурного анализа и проектирования.

Привлечение различных типов недоопределенностей, так же как и механизма динамических недоопределенных вычислительных моделей (сетей) позволит определить механизм задания связей между уровнями, а так же эффективный механизм моделирования.

Формирования базы знаний на каждом уровне метазнаний в КМ ПрОб может быть обеспечено средствами обучения по примерам и на основе экспертных знаний [13].

Концепция множества миров Крипке нашла свое отражение: 1) в системном анализе как форма представления моделей в задаче проблемно-целевого анализа систем [15]; 2) в теории проектирования интеллектуальных информационных систем [16]. СМ положена в основу аппарат исчисления моделей в исследовательском проектировании сложных объектов [17]. Однако, данные решения не обеспечивают в полном составе выполнение всех сформулированных выше требований.

Разработка новой КМ ПрОб, агрегирующей все перечисленные концепции и отвечающей требованиям САПР, обеспечит построение МЭО. Кратко изложим суть методов построения такой КМ ПрОб. Для задания модели системы взаимосвязанных уровней КМ ПрОб предлагается расширить СМ, предложенную в [18]. В системе уровней КМ ПрОб сигнатура T , множество синтаксически правильных выражений S и

правила вывода Π при переходе с уровня на уровень $СМ$ не изменяется. Изменению подвергается только множество семантически верных выражений A $СМ$. Будем определять аксиому семантики любого уровня как прототип, т.е. модель апробированного на практике объекта 100%-ной достоверности, полученную или путем импорта из существующих САПР [19] или путем экспертного ввода. Прототип задается как отношение самого общего вида в списке отношений, задаваемых сигнатурой, и включает совокупность аксиом меньшей категории общности. Правила преобразования g для прототипов будем разбивать на группы по типам отношений, принадлежащим сигнатуре, и трактовать как средства задания аксиом в нижележащей модели. Такого рода аксиомы, задающие возможные формы преобразования уровней друг в друга, будем делить на три класса: 1) глобальная аксиома N для $СМ$, задает обязательный уровень модели предметной области МЭО; 2) общая аксиома N для $СМ$ ($A"N"$), задает отношение, семантически верное для любого уровня $СМ$; 3) локальная аксиома N уровня K ($JA"K"$), задает отношение, семантически верное только для одного уровня $СМ$.

2. Сигнатура $СМ$

Сигнатура T $СМ$ предмета любого уровня включает отношения:

- T1) Блок**, как механизм хранения и преобразования свойств.
- T2) Свойство**, как форму проявления блоков в связях, и *значение* - как способ идентификации альтернативных структур свойства.
- T3) Границу** блока, как совокупность принадлежащих блоку свойств.
- T4) Связь** информационная, как задание факта эквивалентности идентификации и структуры двух свойств на границах двух блоков.
- T5) Среду**, как совокупность связей, объединяющих набор блоков.
- T6) Тип** элемента с идентификатором I как результат обобщения альтернативных совокупностей отношений, описывающих элемент модели, имеющий идентификатор I .
- T7) Массив**, как подмножество отношений, сгруппированное грамматическим способом, исходя из наличия общей части в описании отношений.
- T8) Шкалу**, как порядок на множестве идентификаторов элементов массива. Сопоставляет каждому элементу массива некоторую числовую величину произвольного знака. На шкале определяется минимальный и максимальный по размеру интервал. Число шкал соответствует количеству необходимых измерений. На совокупности шкал определяется мера, задающая расстояние между парами значений.
- T9) Функцию**, как обобщение альтернативного набора значений свойств, принадлежащих границе некоторого типа блока.
- T10) Агрегацию**. На каждом из уровней представления модели могут быть определены отношения агрегации над прочими элементами сигнатуры для создания иерархии моделей "производных" блоков и свойств и прочее. Требуется определения массивов свойств и связей "производных" блоков, массивов блоков и т.п.

Примечания.

- 1) Тип возможно трактовать как подмножество семантически верных формул в $СМ$.
- 2) Функция в совокупности с правилами вывода Π может трактоваться как функция в обычном смысле слова, т.е. средство вычисления значения одного (или многих) аргумента посредством множества (или одного) других. При этом: а) состав аргументов и значений любой функции (входов и выходов) не фиксирован; б) аргументами функции являются свойства, изменившие область определения (число и состав возможных значений), а значениями функции - все прочие свойства.

3) Часть приведенной сигнатуры формально определена в [18,20-22].

3. Общие аксиомы CM

Опишем семантику общих аксиом CM KM ПрОб.

A1. Для любого списка декомпозиции любого элемента Э модели всегда выполняется: 1) Множество элементов декомпозиции счетно и ограничено; 2) В составе списка декомпозиции всегда имеется два стандартных элемента: а) обратный к элементу декомпозиции Э элемент $\underline{\Xi}$; б) неопределенный элемент без имени и структуры Nil_1^{Ξ} .

Следствия:

1) Неопределенный элемент без имени и структуры Nil_1^{Ξ} играет роль хранителя еще неизвестных элементов декомпозиции.

2) Обратный элемент позволяет свести иерархическую модель к одноуровневой. При этом обратный элемент играет следующую роль: 1) для блока - внутренней границы блока; 2) для свойства, связи, шкалы - механизма отображения в элементы предыдущего уровня.

3) Возможно существование таких "не определенных" элементов модели: 1) свойств, не имеющих структуры; 2) блоков, имеющих только недоопределенные свойства; 3) связей, объединяющих недоопределенные свойства.

A2. Состав и количество нестандартных элементов декомпозиции для элемента Э, принадлежащего различным контекстам (например, прототипам), в общем случае, не совпадает.

A3. Под номером "1" в любой шкале стоит обратный по отношению к элементу декомпозиции Э элемент $\underline{\Xi}$ и, под последним номером, - неопределенный элемент без имени и структуры Nil_1^{Ξ} . Упорядочивание совокупности нестандартных элементов декомпозиции проводится экспертным путем или методами теории синтаксического упорядочивания (обзор [22]).

A4. Каждому блоку однозначно соответствует некоторое "собственное" свойство, принадлежащее его внешней границе. *Следствие:* Каждый элемент декомпозиции "собственного" свойства (значение свойства) блока идентифицирует подблок. Число элементов декомпозиции блоков и свойств эквивалентно.

A5. Модели подблоков наследуют набор свойств и связей от блока (в соответствии с объектно-ориентированным подходом). *Следствие:* Набор свойств обратного элемента - подблока $\underline{\Pi}$ в соответствии с объектно-ориентированным подходом может включать инкапсулированный набор данных метода $\underline{\Pi}$.

A6. Множество связей, возникающих из исходной связи при декомпозиции "связанных" блоков и свойств, строится по принципу "все со всеми" и количественно определяется декартовым произведением всех подблоков, расположенных на противоположенных концах "старой" связи и имеющих одни и те же типы (идентификаторы) свойств. *Следствие:* Каждому свойству соответствует единственная "кольцевая" связь, т.е. связь блока самого с собой по "собственному" свойству.

A7. Базовая схема ввода множества связей (аксиома б) может быть ограничена условием существования связей между блоками по некоторым типам свойств только в пределах заданного интервала расстояний между блоками. *Следствие:* Свойства моделей блоков, не имеющие связей, не рассматриваются.

4. Глобальные и локальные аксиомы CM

Предлагается система глобальных аксиом, заданных, в свою очередь, как системы локальных аксиом обязательных уровней. При описании локальных аксиом

задаються правила побудови синтаксически правильних формул СМ. Система глобальних аксіом СМ предметної області МЭО включає 6 обов'язкових рівней: 1) вихідної моделі; 2) завдання часу - блоку і властивості; 3) значень властивості часу і моделей просторів; 4) просторових точок і їх ідентифікаторів; 5) «простих» властивостей і внутрішніх функцій блоків; 6) значень "простих" властивостей і "кортежей" функцій. Розглянемо всі рівні послідовно. Правила перетворення семантично вірних виражень (правила *g* для *A*), відповідних *Ti*-му відношенню сигнатури, будемо позначати як *Gi* і будемо формулювати по мірі описання системи рівней.

4.1. Рівень вихідної моделі. Вихідна модель предмета рівня 1 включає блок з іменем без внутрішньої структури, маючим єдине недоопределене властивість без імені і структури і єдину "кругову" зв'язь, замикаючу блок сам на себе. Задано склад семантично вірних відношень вихідного рівня (аксіомы ЛА1-ЛА4), задаючих описання глобальної аксіомы - *прототипа*, описуючи одночасно синтаксис відношень.

ЛА1. Єдиний недоопределений блок - модель предмета, має ідентифікатор "*П*", але не має структури - $B = \{ P \}$.

ЛА2. Єдине недоопределене властивість не має ідентифікатора і структури: $D = \{ Nil^A \}$.

ЛА3. Зовнішня межа блоку *П*: $G[P] = \{ P.Nil^A \}$, де точка позначає відношення належності властивості блоку.

ЛА4. Середина або множина зв'язей рівня (рис. 1) має вигляд: $L_P = \{ I_1^P \}$. Структура зв'язи: $I_1^P = P.Nil^A \Leftrightarrow P.Nil^A$, де \Leftrightarrow позначає двонаправлене відношення передачі інформації між блоками через властивості їх зовнішніх меж.

ЛА5. Модель прототипу рівня 1 не має альтернативних форм представлення (см. [18]).

ЛА6. Перелічений склад блоків, властивостей, меж і зв'язей задає набір системообразуючих елементів моделі даного рівня [10].

Будемо позначати зв'язь I_1^P як *С0*. Принята вище граматики описання відношень в ЛА1-ЛА4 входить в *множину синтаксически вірних відношень*, складаючих прототип.

СВЯЗЬ "С0" ПО "NIL."

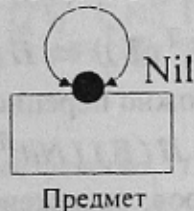


Рисунок 1. Вихідне представлення моделі предмета.

4.2. Рівень завдання часу - блоку і властивості. Рівень 2 передбачає декомпозицію вихідного властивості Nil^A блоку *П* на три підвластивості - зворотний елемент, час *T* і невизначеність. Одночасно виконується декомпозиція блоку *П* на зворотний елемент, блок *Время* (в подальшому просто "*В*") і невизначеність (рис. 2). Тут *В* - власне властивість блоку *T*. Правила *G*:

G1) Декомпозиция блока Π : $\Pi = \&\{\underline{\Pi}, B, Nil_1^\Pi\}$, где $\underline{\Pi}$ - обратный к блоку Π блок, Nil_1^Π - неопределенность без имени и структуры. Блок B имеет идентификатор, но не имеет структуры.

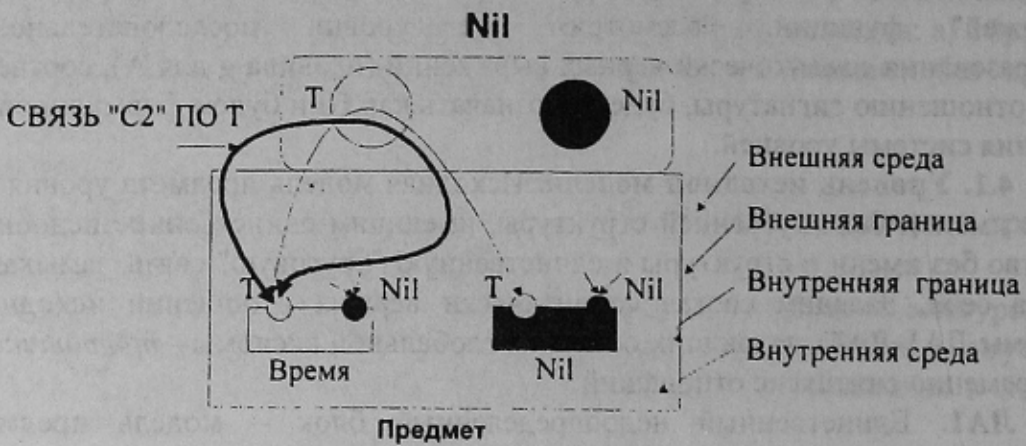


Рисунок 2. Уровень ввода времени как свойства и блока.

G2) Декомпозиция модели свойства блока-предмета: $Nil_1^D = \&\{\underline{Nil}_1^D, T, Nil_2^D\}$, где T имеет идентификатор, но не имеет структуры.

G3) Модели блоков $\underline{\Pi}$, B и Nil_1^Π наследуют набор свойств от блока Π . Внешняя граница блока B : $G[\Pi(B)] = \{\Pi(B), Nil_1^D(T), \Pi(B).Nil_1^D(Nil_2^D)\}$, где круглые скобки обозначают отношения включения (декомпозиции) для блоков и свойств. Учитывая наличие оригинальных идентификаторов, данное выражение можно переписать как: $G[B] = \{B.T, B.Nil_2^D\}$. Прочие внешние границы: $G[\underline{\Pi}] = \{\underline{\Pi}.T, \underline{\Pi}.Nil_2^D\}$; $G[Nil_1^\Pi] = \{Nil_1^\Pi.T, Nil_1^\Pi.Nil_2^D\}$.

G4) Множество связей $L_B = \&\{l_k^B\}_{k=1}^6$, является декомпозицией связи l_1^Π . Структура связи l_1^Π предполагает связь подблока B с внутренней границей блока Π (т.е. $\underline{\Pi}$), затем связь между внутренней и внешней границами блока Π и затем связь блока Π самого с собой (внутри "старой" связи C0):

$$l_1^B = \Pi(B).(Nil_1^D(T)) \Leftrightarrow \Pi(\underline{\Pi}).(Nil_1^D(T)) \Leftrightarrow \Pi.(Nil_1^D(T)) \Leftrightarrow \Pi.(Nil_1^D(T)) \Leftrightarrow \Pi(\underline{\Pi}).(Nil_1^D(T)) \Leftrightarrow \Pi(B).(Nil_1^D(T)) \quad (1)$$

Упустив промежуточные этапы, выражение (1) можно переписать как:

$$l_1^B = \Pi(B).(Nil_1^D(T)) \Leftrightarrow \Pi(B).(Nil_1^D(T)). \quad (2)$$

Учитывая наличие оригинальных идентификаторов, выражение (2) можно переписать как: $l_1^B = B.T \Leftrightarrow B.T$. Будем обозначать связь l_1^B как C2. Прочие связи блока B : $l_2^B = B.T \Leftrightarrow Nil_1^\Pi.T$; $l_3^B = B.Nil_2^D \Leftrightarrow B.Nil_2^D$; $l_4^B = B.Nil_2^D \Leftrightarrow Nil_1^\Pi.Nil_2^D$. Прочие связи блока Nil_1^Π : $l_5^B = Nil_1^\Pi.T \Leftrightarrow Nil_1^\Pi.T$; $l_6^B = Nil_1^\Pi.Nil_2^D \Leftrightarrow Nil_1^\Pi.Nil_2^D$.

ЛА1. Множество связей во внутренней среде блока Π может быть поделено на подмножества, исходя из следующих критериев: общий тип данных; общий тип одного из блоков; общие типы двух блоков; общий тип одного из блоков и общий тип

свойства и т.д. Перечисленные подмножества являются совокупностью связей, подвергаемых декомпозиции в случае декомпозиции некоторого типа блока (свойства).

ЛА2. Перечисленный состав блоков, свойств, границ и связей задает набор системообразующих элементов модели данного уровня.

ЛА3. Декомпозиция блока неопределенности Nil_1^N может включать произвольное число дополнительных моделей времени, параллельных между собой и имеющих связи с B . Совокупность вариантов декомпозиций Nil_1^N задает множество альтернативных форм представления данного уровня модели предмета.

4.3. **Уровень значений свойства времени и моделей пространств.** Уровень 3 предполагает декомпозицию свойства T на совокупность дискретных значений времени и одновременную декомпозиция блока B на совокупность моделей пространств, соответствующих отдельным значениям времени (рис. 3).

Правила G:

G1) $T = \&\{t_i\}_{i=1}^{Ni}$ – модель свойства-времени, как совокупность идентификаторов-состояний моделей пространств - значений t_i .

G2) $P = \&\{P_i\}_{i=1}^{Ni}$ – модель пространства, как совокупность «частных» моделей пространств, привязанных к значениям свойства «время».

G3) Внешняя граница блока - модели пространства:

$$\forall i : G[P_i] = \&\{P_i, t_c\}_{c=1}^{N_c^i} = \&\{t_c^i\}, \{t_c^i\}_{c=1}^{N_c^i} \subseteq T.$$

G4) Множество временных связей между моделями пространств: $L_T = \&\{l_k^T\}_{k=1}^{N_k^T}$.

Структура временных связей между моделями пространств:

$$\forall k : l_k^T = P_{i1}^k . t_c^k \Leftrightarrow P_{i2}^k . t_c^k ; (t_c \in P_{i1}^k) \& (t_c \in P_{i2}^k).$$



Рисунок 3. Уровень определения моделей пространств.

Локальные аксиомы:

ЛА1. На множестве идентификаторов значений времени определяется шкала $Ш_T(T(t_i))$, задающая каждому значению времени некоторую числовую величину

(любого знака). Данная шкала позволяет определить меру, задающую расстояние между парами значений времени: $d^m = R_T(t_i, t_j), \forall t_i, t_j \in T; m = [1, M]$. На множестве мер отыскивается минимальный и максимальный по размеру интервал: $\forall d^m \in [d_{min}, d_{max}]; m = [1, M]$.

ЛА2. В множестве синтаксически и семантически правильных формул рассмотрим различные альтернативные [4] типы моделей времени, исходя из возможной формы ограничения на существование временных связей: $T_e(d_1, d_2), \forall d_1, d_2: \exists I_k^T \leftrightarrow (d_1 \leq R_T(t_i, t_j) \leq d_2), \forall t_i, t_j \in T$, где \leftrightarrow обозначает отношение импликации.

ЛА3. Совокупность моделей пространства образует *прототип* модели предмета уровня 3, заданный как совокупность состояний предмета в различные моменты времени. Частным случаем прототипа является жизненный цикл объекта [6].

ЛА4. Т.к. число и состав свойств, принадлежащих границам конкретных моделей пространств, различны, может быть выполнена операция обобщения внешних границ пространств. В этом случае с типом блока "пространство" может быть связано множество альтернативных форм внешних границ:

$$G^A[P] = \vee \{G[P_i] \}_{i=1}^N, \text{ где знак "}\vee\text{" трактуется как "в различные моменты времени".}$$

Множество $G^A[P]$ может трактоваться как множество *семантически верных формул* описания внешних границ моделей пространств в СМ, а идентификатор P - как *тип* блока - пространства. Предлагаемое множество альтернативных вариантов может быть так же упорядочено, например, экспертным путем. Порядок вариантов в ИЛИ-дереве может быть обеспечен лексикографическим методом (обзор [8]).

ЛА5. Множество системообразующих блоков, связей и свойств данного уровня предполагает только один элемент с именем в списке пространств и значений времени. Все прочие варианты структур определяются соответствующими уровнями альтернативности.

4.4. Уровень пространственных точек и их идентификаторов. Уровень 4 предполагает перевод всех значений свойства T в разряд новых свойств и дальнейшую их декомпозицию на ряд собственных значений, в качестве которых выступают идентификаторы физических точек пространства. Одновременно выполняется декомпозиция моделей пространств P на блоки - физические точки (рис. 4).

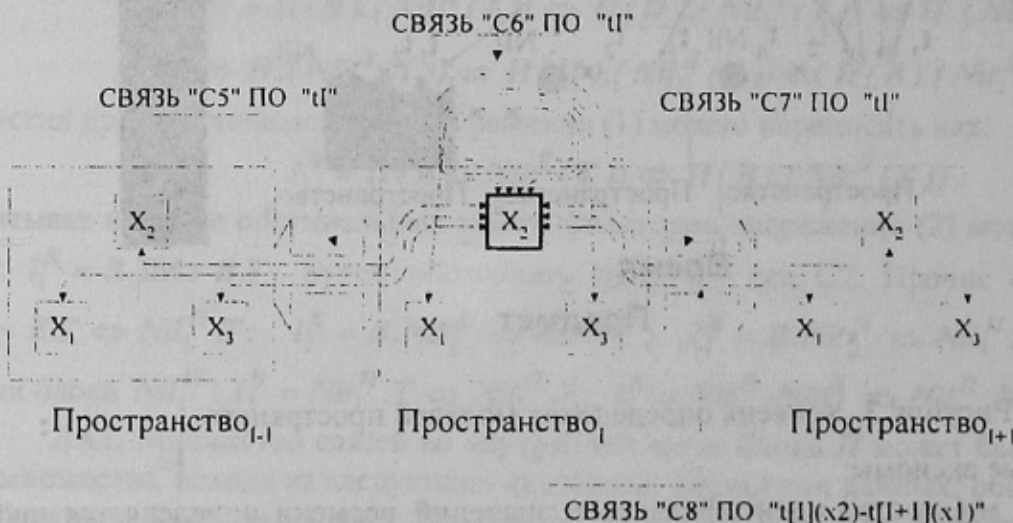


Рисунок 4. Фрагмент совокупности связей ПТ.

Правила G:

G1) $t_i = \& \{x_j^i\}_{j=1}^{N_i}$ - структура значения времени как совокупность пространственных координат; знак «&» имеет смысл «в один момент времени».

G2) $P_i = \& \{X_j^i\}_{j=1}^{N_i}$ - структура блока - модели пространства, где: X_j^i - блок - пространственная точка (ПТ) модели пространства.

G3) Внешняя граница любой ПТ:

$$\forall i, j, c : G[P_i(X_j^i)] = \{P_i(X_j^i).t_c^j(x_u^c)\}_{u=1}^{N_u^{ijc}} = \{x_u^{ijc}\}_{u=1}^{N_u^{ijc}}, \{t_c^{ij}(x_u^c)\}_{u=1}^{N_u^{ijc}} \subseteq t_c.$$

G4) Множество пространственных связей, т.е. связей между ПТ, определенных внутри временных связей: $l_k^T = \{l_{kv}^{Tx}\}_{v=1}^{N_v}$. Структура пространственной связи:

$$l_{kv}^{Tx} = P_{r1}^k(X_{r1}^k).t_c^k(x_u^v) \Leftrightarrow P_{r2}^k(X_{r2}^k).t_c^k(x_u^v); \forall r1, r2.$$

ЛА1. На множестве идентификаторов пространственных координат определим совокупность шкал $\Pi_{P_1}, \dots, \Pi_{P_u}$, задающих каждому идентификатору ПТ некоторую числовую величину (любого знака). Число шкал соответствует количеству требуемых пространственных измерений. Совокупность шкал позволяет определить меру, задающую расстояние между парами ПТ:

$$d_P^{m'} = R_P(X_i, X_j), \forall X_i, X_j \in P; m' = [1, M'].$$

На множестве мер определяется минимальный и максимальный интервал:

$$\forall d_P^{m'} \in [d_{min}, d_{max}]; m = [1, M'].$$

Различные альтернативные типы моделей пространства определяются исходя из формы ограничения на существование пространственных связей внутри имеющихся временных связей: $P_e(d_1, d_2), \forall d_1, d_2 : \exists l_{kv}^{Tx} \leftrightarrow (d_1 \leq R_{\Pi}(X_i, X_j) \leq d_2), \forall X_i, X_j \in P.$

ЛА2. Операции обобщения могут быть подвергнуты: 1) границы типов моделей "детализированных" пространств; 2) границы типов ПТ; 3) совокупность ПТ по ряду моделей пространств (в случае их различного состава); 4) совокупность связей, составляющих структуру "детализированных" моделей пространств и т.п. Все перечисленные обобщения могут трактоваться, как множество семантически верных формул в СМ, а так же упорядочиваться по соответствующему набору шкал и связанной с ними мерой.

ЛА3. Множество системообразующих блоков, связей, границ и свойств данного уровня предполагает наличие только одного элемента с именем в списке ПТ и списке их идентификаторов. Все прочие варианты структур определяются соответствующими уровнями альтернативности. Число ПТ, шкалы и меры для отдельных моделей пространств могут не совпадать.

4.5. Уровень «простых» свойств и внутренних функций блоков. Уровень 5 предполагает перевод всех идентификаторов пространственных координат из разряда значений в разряд новых свойств и дальнейшую их декомпозицию на ряд собственных значений - идентификаторов "простых" свойств физических точек пространства, а так же декомпозицию моделей блоков - физических точек пространств на множество блоков - носителей простых свойств или внутренних функций (ВФ). Каждое "простое" свойство есть потенциал ПТ в данной предметной области (гидро, тепло и т.д.).

Правила G:

G1) $x_j^i = \& \{s_d^{ij}\}_{d=1}^{N_d^{ij}}$ - структура пространственной координаты, как совокупность «простых» свойств. Тут: знак «&» имеет смысл «в один момент

времени»; s_d^{ij} – «простое» свойство, как идентификатор точки стыка «простой» связи внутри пространственной связи.

G2) $X_j^i = \&\{F_z^{ij}\}_{z=1}^{N_z^{ij}}$, где F_z^{ij} есть ВФ - носитель свойства s_z^{ij} .

G3) Все блоки - ПТ после декомпозиции пространственных координат на простые свойства приобретают новый набор свойств. Внешняя граница ПТ:

$$\forall i, j, c, u : G[P_i(X_j^i)] = \{P_i(X_j^i).t_c^j(x_u^c(s_h^u))\}_{h=1}^{N_h^{jcu}} = \{s_h^{jcu}\}_{h=1}^{N_h^{jcu}};$$

$\{t_c^{ij}(x_u^c(s_h^u))\}_{h=1}^{N_h^{jcu}} \subseteq t_c(x_u^c)$. ВФ наследует все свойства и связи ПТ. Совокупность свойств внешней границы отдельной ПТ определяется множеством ее связей (табл. 1).

Таблица 1. Пример состава свойств ПТ X_2^0 .

t_{-1}^1						t_0^2						t_{+1}^3					
x_1^1		x_2^2		x_3^3		x_4^4		x_5^5		x_6^6		x_7^7		x_8^8		x_9^9	
s_1^1	s_2^2	s_1^3	s_2^4	s_1^5	s_2^6	s_1^7	s_2^8	s_1^9	s_2^{10}	s_1^{11}	s_2^{12}	s_1^{13}	s_2^{14}	s_1^{15}	s_2^{16}	s_1^{17}	s_2^{18}

В этом примере верхние индексы нумеруют свойства в пределах всего множества свойств данного уровня, а нижние индексы - в пределах вышележащей структуры данных. Т.о., внешняя граница ВФ:

$$\forall i, j, c, u : G[P_i(X_j^i(F_z^{ij}))] = \&\{P_i(X_j^i(F_z^{ij})).t_c^j(x_u^c(s_h^u))\}_{h=1}^{N_h^{jcu}};$$

при $\{t_c^{ij}(x_u^c(s_h^u))\}_{h=1}^{N_h^{jcu}} \subseteq t_c(x_u^c)$.

G4) Множество «простых» связей внутри пространственных связей:

$I_{kv}^{Tx} = \{I_{kve}^{Txs}\}_{e=1}^{N_e^{kv}}$. Каждая "простая" связь имеет вид:

$$I_{kve}^{Txs} = P_{r1}^k(X_{r1}^k).t_c^k(x_u^v(s_b^e)) \Leftrightarrow P_{r2}^k(X_{r2}^k).t_c^k(x_u^v(s_b^e)); \forall r1, r2.$$

ЛА1. Множество системообразующих блоков, связей и свойств данного уровня предполагает наличие только одного элемента с именем в списке значений простых свойств и функций. Все прочие варианты структур определяются соответствующими уровнями альтернативности.

4.6. Уровень значений "простых" свойств и "кортежей" функций.

Выполняется перевод всех идентификаторов "простых" свойств ПТ из разряда значений в разряд новых свойств и дальнейшую их декомпозицию на ряд собственных значений, т.е. идентификаторов значений "простых" свойств, а так же декомпозиция ВФ на блоки - носители значений "простых" свойств - "кортежи". Правила G:

G1) Внутренняя структура "простого" свойства как множество значений имеет вид: $s_d^{ij} = \&\{\delta_q^{ijd}\}_{q=1}^{N_q^{ijd}}$. При этом $N_z^{ji} = 3$, т.е. внутри "простого" свойства имеется единственное "обыкновенное" значение.

ЛА1. Тривиальный вид множества значений, принадлежащих отдельному простому свойству, позволяет определить только одну шкалу Ш_{S1} .

ЛА2. Обобщение нестандартной части некоторого "простого" типа свойства в пределах всех одноименный свойств у всех ПТ во всех пространствах:

$s_d^{ij} = \vee\{\delta_q^{ijd}\}_{q=1}^{N_q^{ijd}}$, где: знак « \vee » имеет смысл «в различные моменты времени и для различных пространственных точек»; δ_q^{ijd} – значения «простого» свойства.

G2) $F_j^i = \&\{K_z^{ij}\}_{z=1}^{N_z^{ij}}$, где K_z^{ij} есть кортеж - носитель значения для свойства s_z^{ij} .

При этом $N_z^{ij} = 3$, т.е. внутри ВФ имеется единственный нестандартный кортеж.

G3) Внешняя граница ВФ для ПТ:

$$\forall i, j, c, u : G[P_i(X_j^i(F_z^{ij}))] = \vee\{P_i(X_j^i(F_z^{ij})), t_c^j(x_u^c(s_h^u(\partial_q^u)))\}_{q=1}^{N_q^{ijcu}} ;$$

$$\{t_c^{ij}(x_u^c(s_h^u(\partial_q^u)))\}_{q=1}^{N_q^{ijcu}} \subseteq t_c(x_u^c).$$

Все кортежи наследуют набор свойств ВФ, а после декомпозиции простых свойств на значения приобретают новый набор свойств-значений. Внешняя граница "кортежа":

$$\forall i, j, c, u : G[P_i(X_j^i(F_z^{ij}(K_y^{ijz})))] = \&\{P_i(X_j^i(F_z^{ij}(K_y^{ijz}))), t_c^j(x_u^c(s_h^u(\partial_p^h)))\}_{h=1}^{N_h^{ijcu}}.$$

Кортежи есть ВФ, имеющие "простые" свойства, определенные до уровня значений. При этом кортеж есть блок, имеющий имя, но не имеющий определенной внутренней структуры. Внешняя граница кортежа:

$$K_y^{ijz} = \&\{P_i(X_j^i(F_z^{ij})), t_c(x_u(s_b(\partial_q)))\}_{h=1}^{N_h^{ijcu}} ; \forall c, u, b, q.$$

ЛА3. Обобщенное множество внешних границ кортежей ВФ для ПТ, т.е. множество альтернативных во времени структур функциональной модели ПТ:

$$F_z^{ij} = \vee_{y=1}^{N_y^{ijz}} \{K_y^{ijz}\}, \text{ где: знак «}\vee\text{» имеет смысл «в различные моменты времени», } K_y^{ijz} -$$

"кортеж" значений "простых" свойств, принадлежащих границе блока-функции.

ЛА4. Функция есть обобщение множества "кортежей" для некоторой ПТ. Функции ПТ могут быть заданы формулой, рассматриваемой как идентификатор соответствующего ей множества альтернативных кортежей для набора свойств заданного типа ПТ. Обобщение связей по значениям "простых" свойств может трактоваться как простейшая функция передачи информации между блоками или функция связи.

G4) Множество «простых» связей со значениями "простых" свойств:

$$I_{kvc}^{Txs} = \&\{I_{kvey}^{Txs\delta}\}_{y=1}^{N_y^{kv}}. \text{ Структура «простой» связи:}$$

$$I_{kveq}^{Txs\delta} = \Pi_{i1}^k(X_{j1}^k(F_{z1}^{i1j1})), t_c^k(x_u^v(s_b^e(\partial_q^e))) \Leftrightarrow \Pi_{i2}^k(X_{j2}^k(F_{z2}^{i2j2})), t_c^k(x_u^v(s_b^e(\partial_q^e))) ;$$

$$\forall i1, i2, j1, j2, z1, z2.$$

Заключение

Достигнуты следующие результаты: 1) определены принципы представления КМ ПрОб для МЭО средствами СИИ; 2) сформирована сигнатура СМ КМ ПрОб; 3) заданы аксиомы СМ КМ ПрОб. 4) заданы правила построения синтаксически правильных формул СМ КМ ПрОб; 5) заданы правила изменения аксиом СМ. Т.о., можно говорить об относительной полноте данной СМ.

Данная КМ ПрОб соответствует семантике, сформулированной в [3] и отличается: 1) динамическим характером; 2) учетом положений системного анализа; 3) учетом свойств, отличных от временных и пространственных; 4) возможностью представления существенной части набора уровней моделей в САПР; 5) поддержкой объектно - ориентированного подхода [23] и т.д. Динамичность модели обеспечивается ее расширением путем декомпозиции неопределенностей без имени и структуры или неопределенностей с именем, но не имеющих структуры. Данная КМ ПрОб относится к моделям с сосредоточенными параметрами и ориентирована на структурные и логический модели в САПР. Соответствие уровней СМ с уровнями моделей в САПР

[24,25]: 1) уровень "пространственных" связей - модель структурного уровня САПР; 2) уровень "значений простых функций и кортежей" - модель логического уровня САПР; 3) модель макроуровня САПР - предельный подуровень уровня "значений простых функций и кортежей", при этом множества кортежей значений функций идентифицируются формулами, а множество значений свойств близко к бесконечности. Возможно любое число уровней декомпозиций после 6 уровня. Проблемная ориентация КМ ПрОб обеспечивается построением множества требуемых подуровней, различных вариантов МПВ, совокупностей "простых" свойств и моделей функций ПТ. На уровнях КМ ПрОб могут быть определены отношения агрегации над ПТ для создания иерархии моделей "производных" блоков и свойств, что влечет необходимость их обобщения и упорядочения в соответствии с подходами, описанными выше. Критерии агрегации ПТ: 1) экспертные заключения; 2) средства для оценки и ограничения когнитивной сложности "производных" моделей [20,22]. Предлагаемая КМ ПрОб позволяет определить две модели движения объектов в пространстве и времени: 1) При неизменном числе физических точек - изменение координат физических точек, т.е. изменение шкал и мер СМ; 2) При наличии большого числа "неопределенных" ФТ и отсутствии изменения шкал и мер СМ - изменение неопределенных свойств ФТ на определенные или наоборот, т.е. движение выполняет не ФТ, а совокупность свойств, образующих объект. Возможно задание нижний уровня КМ ПрОб в качестве активного - "ведущего", а всех вышележащих - в качестве пассивных или "ведомых". Такой подход в терминах [26] трактуется как построение иерархии макромоделей САПР на основе базовой микромоделей. "Классическая" САПР не позволяют построения такого рода моделей. КМ ПрОб обеспечила формальную основу для разработки МЭО. МЭО прошла апробацию при создании интеллектуальных САПР: 1) САПР бизнес-планов; 2) САПР архитектур персональных компьютеров. Эффективность предложенной КМ ПрОб заключается в: 1) обеспечении создания МЭО; 2) связывании уровней представления моделей, что повышает эффективность процессов исследования моделей.

Литература

1. 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.
2. 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.
3. Григорьев А.В. Семантика модели предметной области для интеллектуальных САПР. В кн. Информатика, кибернетика и вычислительная техника (ИКВТ-2000). Сборник трудов ДонГТУ, Выпуск 15. Донецк: ДонГТУ, 2000. - С. 225-228.
4. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986. - 288 с.
5. Крипке С.А. Семантическое рассмотрение модальной логики. // Семантика модальных и интенциональных логик. //Под ред. В.А. Смирнова. Сборник статей. М.: Прогресс, 1981. , С 27-40.
6. Колосков В.Ю. Системы отсчета и системы описания. Часть I. Системы отсчета. М.: "Белка", 1993. - с. 37.
7. 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.

8. 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.
9. Кондрашина Е.Ю., Литвинцева Л.В., Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах / Под ред. Д.А. Поспелова. - М.: Наука, 1989. - 328 с.
10. Зубенко Ю.Д. Системный анализ. Донецк: ДонГТУ, 1995. - 166 с.
11. Томасон С.К. . Семантический анализ временных логик. Семантика модальных и интенциональных логик. //Под ред. В.А. Смирнова. Сборник статей. М.: Прогресс, 1981. - С. 166-179.
12. Прайор А.Н. . Временная логика и непрерывность времени. Там же. - С. 76-97.
13. Логический подход к искусственному интеллекту: От модальной логики к логике баз данных: пер. с франц. /Тейз А., Грибобон П., Юлен Г. и др. - М.: Мир. 1998. -494 с.
14. Е.Н. Боженкова. Эквивалентные понятия для структур событий с реальным временем. Труды первой международной научно-практической конференции по программированию УкрПРОГ'98. К.: КЦ НАНУ, 1998. - С. 106-119.
15. Лукьянова Л.М., Каплич В.В. Проблемно-целевой анализ систем. В кн. КДС 97. Сборник научных трудов м.н.-т. конф. В двух томах. Том 1. Ялта. 1997.- С. 177-186.
16. Андон Ф.И. и др. Логическое направление интеллектуализации информационных систем. Труды 1-й МНТК "УкрПРОГ'98" К., 1998. - С. 368-379.
17. Валькман Ю.Р. Основные концепции построения аппарата исчисления моделей в исследовательском проектировании сложных объектов. В кн. КИИ-94 . Национальная конференция с международным участием «Искусственный интеллект-94». Сборник научных трудов. В двух томах. Том 2. Рыбинск. 1994. - С. 255-262.
18. Григорьев А.В. Представление недоопределенности знаний в инструментальной оболочке для построения САПР. Искусственный интеллект. N 1, 1999. - С. 96-106.
19. Григорьев А.В., Бондаренко А.В., Шойхеденко А.В. Интерфейс табличного процессора EXCEL и специализированной оболочки для синтеза интеллектуальных САПР и АСНИ. В кн. Информатика, кибернетика и вычислительная техника (ИКВТ-97). Сборник трудов ДонГТУ, Выпуск 1. Донецк: ДонГТУ, 1997. С. - 229-238.
20. Григорьев А.В. Ограничение когнитивной сложности моделей. / Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сборник научных трудов. - Донецк: ДонГТУ, 2000. Выпуск 10. - С. 49-58.
21. Григорьев А.В. Семиотическая модель базы знаний САПР. Научные труды Донецкого государственного технического университета Серия: Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем, выпуск 10: - Донецк, ДонГТУ, 1999. - С. 30-37.
22. Григорьев А.В. Оценка когнитивной сложности моделей. Научные труды Донецкого государственного технического университета Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника, (ИКВТ-99) выпуск 6: - Донецк, ДонГТУ, 1999. - С. 252-259.
23. Галузинський Г.П., Гордієнко І.В. Сучасні технологічні засоби обробки інформації. К.: КНЕУ, 1998. - 224 с.
24. Норенков И.П. Разработка систем автоматизации проектирования. М.: МГТУ им. Э.Н. Баумана, 1994. - 207 с.
25. Норенков И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. М.: Высш. шк., 1986. - 304 с.
26. Петренко А.И., Семенов О.И. Основы построения систем автоматизированного проектирования. - К.: ВШ, 1984. - 296 с.