

## СЕМИОТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БАЗЫ ЗНАНИЙ САПР

Григорьев А.В.

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

*Grigoriev A.V. Semiotic model of a knowledge base CAD. Semiotic model of a knowledge base CAD is described. The model functioned in the dialogue a mode. The resolvability of a model is proved.*

**Введение**

**Анализ проблемы.** Рассмотрим задачу построения формальной модели представления знаний в САПР. Основной проблемой построения модели САПР является задание отношения между множествами критериев и прототипов проектируемых объектов. В настоящее время данная проблема наиболее полно решена в теории сложности систем автоматического управления (ТС САУ) [1]. *ТС САУ* строилась как модель САПР САУ, способная преодолеть слабости «классической» модели САПР в определении соотношения над пространствами критериев и прототипов проектируемых объектов. Основные понятия *ТС САУ*:

- целевое пространство систем (ЦПС), как множество прототипов; на ЦПС определены признаки - цели управления, главные и вторичные;
- пространство обликов систем (ПОС), облик системы представляется как совокупность технических условий и требований; облики строятся на основе алфавита технических требований и операции шивания;
- отношение эквивалентности и частичного порядка для элементов ЦПС и ПОС, а так же построенные на их основе шкалы, позволяющие проводить декомпозицию и упорядочивание элементов ЦПС и ПОС по их сложности;
- реализуемость как обеспечение взаимного отображения всех элементов ПОС и ЦПС; требует операций редактирования ПОС и ЦПС для достижения реализуемости;
- критерий сложности, как средство выбора оптимального по сложности прототипа, соответствующего облику фиксированной или ограниченной сложности (возможна и обратная - т.е. двойственная формулировка).

**Недостаток *ТС САУ*:** модель аксиоматического типа, принятая как форма представления модели САПР (теория групп, топология и т.п.), не позволяет использовать ее для создания интеллектуальных САПР, предполагающих наличие модели САПР в форме модели знаний.

**Вывод1.** Предлагается строить модель представления знаний в САПР в соответствии с семантикой основных положений *ТС САУ*.

**Средства построения формальной модели.** Открытый характер базы знаний САПР требует использовать для ее построения семиотическую модель (СМ). СМ представляет собой открытую формальную систему и имеет форму восьмерки [2]:

$$F = \langle T, C, A, \Pi, r, b, g, d \rangle,$$

где  $T$  - множество базовых элементов системы, на которых строятся все выражения в  $F$ ;  $C$  - множество правил построения синтаксически правильных формул, определяющих среди всех возможных выражений из базовых элементов те, которые синтаксически правильны;  $A$  - множество аксиом  $F$ , образующее подмножество в множестве синтаксически правильных формул, которым априорно присваивается статус истинности;  $\Pi$  - 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  $\Pi$ .

Для конструктивности семиотической модели требуется реализация следующих классов процедур:  $\Pi 1$  - определения принадлежности данного элемента множеству  $T$ ;  $\Pi 2$  - идентификации различия элементов множества  $T$ ;  $\Pi 3$  - определения синтаксической корректности элементов, построенных посредством правил  $C$ . Процедуры  $\Pi 1$ ,  $\Pi 2$  и  $\Pi 3$  должны быть конструктивными, т.е. завершаться через определенное число шагов. Конструктивная СМ является разрешимой [2], если существует конструктивная процедура  $\Pi 4$ , дающая однозначный ответ на вопрос - является ли данный синтаксически корректный элемент семантически верным. СМ может рассматриваться как форма представления концепции "возможных миров" Крипке [3]. Проблема построения разрешимой СМ в общем случае пока не решена [2].

**Вывод 2.** Может быть поставлена и решена задача построения частного случая разрешимой СМ как формы представления модели базы знаний САПР, семантически соответствующей положениям ТС САУ.

Имеющиеся СМ представления знаний в САПР (например [4,5,6]), как с точки зрения состава элементов СМ так и с точки зрения положений ТС САУ несут фрагментарный характер и не могут быть признаны удовлетворительными.

**Специфика предлагаемого подхода к представлению знаний в САПР.** База знаний представляет собой И-ИЛИ-дерево с определенными отношениями (продукциями) над ИЛИ-синтермами. Цель вывода в базе знаний - обеспечение выбора требуемого прототипа по техническому заданию (ТЗ) как подмножеству значений ИЛИ-синтермов, т.е.:

1) Отношения между ИЛИ связывают те термы, комбинация которых принадлежит некоторому непустому множеству семантически верных (проверенных) прототипов, имеющих место в И-ИЛИ-дереве;

2) Аксиомы, или прототипы есть основа построения И-ИЛИ-деревя;

3) И-ИЛИ-дерево есть средство для компактной записи множества известных прототипов и порождения гипотез о возможных новых прототипах;

4) И-ИЛИ-дерево - это множество синтаксически правильных выражений;

5) Продукции определены над И-ИЛИ-деревом и задают правила вывода, которые в совокупности позволяют вычленить из И-ИЛИ-деревя семантически верное подмножество, т.е. те же самые аксиомы-прототипы.

Все нижеизложенное относится только к диалоговому режиму работы базы знаний САПР. Предлагаемую статью можно рассматривать как продолжение работы [7], посвященной построению СМ системы взаимосвязанных уровней представления моделей в интеллектуальных САПР.

## 1. Состав основных элементов модели знаний

Рассмотрим все перечисленные элементы СМ.

**1.1 Т - множество базовых элементов системы.** Содержит в своем составе следующие элементы:

$A = \{A_i\}_{i=1}^N$  - множество синтермов по ИЛИ, составляющих базу знаний или «кучу» (в дальнейшем - просто синтермы); выполняет роль ЦПС;

$A_i = \{a_i\}_{i=1}^{KI}$  - множество альтернатив, составляющих  $i$ -й синтерм; всякая альтернатива имеет оригинальный в пределах данного синтерма идентификатор;

$A' = \{A'_i\}_{i=1}^N$  - техническое задание (ТЗ) на прототип(ы), задаваемое пользователем; выполняет роль ПОС;

$A'_i = \downarrow \{ \Omega, \Theta, A'_i \}$  - структура синтерма ТЗ; имеет три взаимоисключающие формы построения:  $\Omega$  - альтернатива «безразлично»;  $\Theta$  - альтернатива «нет в наличии»;  $A'_i$  - подмножество «значимых» альтернатив, отличных от «безразлично» и «нет в наличии»; тут " $\downarrow$ " - разделительный знак сильной дизъюнкции, исключающей одновременную истинность исходных выражений [8];

$H = \{ H_p \}_{p=1, N!}$  - множество шкал на множестве синтермов, задающих порядок следования синтермов в куче; задает отношения эквивалентности и частичного порядка для элементов ЦПС и ПОС;

$H_1$  - «стандартная» шкала на множестве синтермов; задает нумерацию ИЛИ-синтермов в И-ИЛИ-дереве по некоторому стандартному алгоритму; используется по умолчанию; выполняется отношение предпочтения  $H_1 \leq H_p, p = \overline{1, N!}$ , т.е. любая шкала предпочтительнее, чем стандартная;

$O_p = \{ A_i^p \leq A_j^p \}_{i, j, i, j \in H_1}$  - множество отношений предпочтения для синтермов; задает частичный порядок на куче и соответствует шкале  $H_p$ ;

$v = \overline{1, N}$  - номер текущего шага синтеза ТЗ; присваивается синтерму кучи, избранному для доопределения в диалоге с пользователем;

$H^v = \{ H_p^v \}_{p=1, (N-v)!}$  - подмножество возможных шкал на куче, которым удовлетворяет порядок нумерации на подмножестве «просмотренных» синтермов в куче на шаге диалога  $v$ .

Определим вид соответствующих процедур, связанных с  $T$ .

**П1** - процедура определения принадлежности данного элемента множеству  $T$  отсутствует, т.к. элементы, не принадлежащие  $T$ , не рассматриваются.

**П2** - процедура идентификации различия элементов множества  $T$  строится следующим образом: 1) отличие прототипов определяется составом альтернатив; 2) отличие синтермов в куче (и в ТЗ) задается шкалой  $H_1$ ; 3) отличие значимых альтернатив в пределах синтермов определяется способом их идентификации; 4) отличие шагов диалога синтеза определяется множеством возможных шкал на куче на текущем шаге диалога.

Процедуры **П1**, **П2** конструктивны, т.к. завершаются через определенное число шагов.

### 1.2 С - множество правил построения синтаксически правильных формул.

Множество  $C$  определяет среди всех возможных выражений из базовых элементов синтаксически правильные. Совпадает с множеством синтаксически возможных прототипов  $P$ , заданным как декартово произведение всех альтернатив, входящих в состав всех синтермов:

$$P = \{ P_i \}_{i=1}^T = A_1 \times \dots \times A_N. \tag{1}$$

Тут:  $P_i = a_1^i \& \dots \& a_N^i$  - описание отдельного ТЗ на прототип, где  $\forall a_j^i$  - фрагмент или возможный шаг ТЗ. Множество прототипов, содержащих  $a_{ij}$ :

$$a_{ij} = \{ P_{ij}^k \}_{k=1}^{Kij}, \forall i \forall j \tag{2}$$

**П3** - процедура определения синтаксической корректности элементов, построенных посредством правил  $C$ , представляет собой операцию проверки состава

синтермов и альтернатив ТЗ на предмет наличия их в составе синтермов и альтернатив «полной» кучи. Процедура ПЗ конструктивна, т.к. данный процесс завершается через определенное число шагов.

**1.3 S - множество семантически правильных формул.** Множество  $S$  является подмножеством  $C$  и совпадает с множеством семантически верных прототипов (имеющих прецеденты в практике), т.е.  $P' \subseteq P$ . При этом различаются:

- $a'_{ij} = P'_{ij} = \{ P'_{ij}{}^k \}_{k=1}^{Kij}$  - подмножество семантически верных прототипов ( $P'_{ij} \subset P'$ ), имеющих в синтерме  $A'_i$  альтернативу  $a'_{ij}$ ;
- $a''_{ij} = \{ P'_{ij}{}^{vk} \}_{k=1}^{Kijv}, \forall i \forall j$  - подмножество прототипов, имеющих в своем составе альтернативу  $a''_{ij}$  на шаге  $v$  диалога.

## 2 Процедура П4

**2.1 Общие положения.** Цель вывода - проверить, принадлежит ли данное синтаксически правильное выражение, заданное в ТЗ (желаемый прототип), к множеству семантически правильных выражений кучи (имеющиеся прототипы). Собственно процесс вывода состоит в преобразовании исходного синтаксически верного выражения, выполняемого путем замены фрагментов выражения на выводимые из них, исходя из заданных аксиом преобразования. Цель замены - свести выражение к базовым выражениям (аксиомам СМ), которым приписаны значения "истина" или "ложь" и тем самым доказать истинность или ложность исходного выражения. Замена обеспечивается, как правило, с помощью правила вывода «modus ponens» [3] (MP) или других, особо оговариваемых правил вывода. Вид правила MP:  $(A, A \Rightarrow B) / B$ , где  $A \Rightarrow B$  - свойство включения, предполагающее, что вместо  $A$  можно подставить истинное  $B$ , если  $A$  - верно. Правило вывода предполагает существование ряда аксиом вывода, задающих возможные варианты замен. Предлагаемый подход к аксиомам вывода ориентирован на использование и модификацию известных схем модального вывода [3]. Будем рассматривать аксиомы и правила вывода в контексте описания процедуры П4.

**2.2 Структура П4.** ТЗ становится известным в полном объеме только в момент окончания диалога ввода ТЗ. Пользователь в диалоге шаг за шагом задает фрагменты ТЗ, т.е. синтермы  $A'_i$ . После всякого шага диалога следует этап вывода. Содержание будущих шагов ТЗ неизвестно, их влияние на процесс вывода отсутствует и для управления выводом доступен только выбор следующего синтерма из кучи. Процедура П4 включает ряд циклов, число которых ограничено количеством синтермов к куче. Каждый цикл процедуры включает этапы: 1) Прямой выбор прототипа; 2) Выбор следующего синтерма для вывода; 3) Редукция альтернатив текущего синтерма в куче после выбора шага ТЗ; 4) Изменение шкалы синтермов после шага вывода; 5) Удаление ненужных прототипов из альтернатив. Рассмотрим их детально.

**2.3 Прямой выбор прототипа.** По запросу пользователя формируется полный список прототипов, удовлетворяющих введенному набору синтермов ТЗ (на первом шаге набор синтермов пуст). Если пользователь не смог выделить нужное подмножество ("не знаю"), либо не запрашивал список прототипов, то вывод переходит к следующему этапу. Если пользователь смог выбрать требуемое подмножество прототипов, то процесс вывода успешно завершается, в противном случае ("нет в наличии") - завершается по неуспеху. Т.о., дано:

$P^v$  - подмножество семантически верных альтернатив, имеющихся на текущем шаге вывода;

$D'_v = \downarrow \{ \Omega, \Theta, P^{iv} \}$  - структура запроса пользователя, предполагающая три альтернативные формы  $d_j^v \subset D'_v$ : 1)  $\Omega$  - альтернатива «безразлично» (не знаю); 2)  $\Theta$  - альтернатива «нет в наличии» (неуспешный выход); 3)  $P^{iv} = \bigvee \{ P_k^{iv} \}_{k=1}^{Npv}$  - подмножество  $P^v$  (по требованию реализуемости ТС САУ) требуемых пользователю прототипов, отличных по значению от «безразлично» и «нет в наличии». Тут " $\vee$ " - знак слабой дизъюнкции, допускающей одновременную истинность исходных выражений [8]. Шаг диалога пользователя рассматривается как задание новой аксиомы модального вывода стандартного вида [3]:

$$A1: \square d_j^v \Rightarrow d_j^v, \tag{3}$$

что трактуется как "если ... необходим ( $\square$ ), то возможна замена на истинное ..." [8].

Правило замены для шага диалога:

$$R1: D'_v / d_j^v. \tag{4}$$

Замена текущего множества прототипов  $P^v$  на требуемое подмножество  $P^{iv}$  по результатам шага диалога выполняется согласно правилу вывода:

$$R2: P^v / P^{iv}. \tag{5}$$

Формирование  $P^{iv}$  обеспечивает (при вспомогательной роли правила вывода МР) совокупность множества аксиом (3) и следующих перечисленных ниже аксиом:

$$A2: \Omega^v \rightarrow (P^{iv} \Rightarrow P^v); \tag{6}$$

$$A3: \Theta^v \rightarrow (P^{iv} \Rightarrow \Theta^v); \tag{7}$$

$$A4: P^{iv} \rightarrow (P^{iv} \Rightarrow P^{iv}). \tag{8}$$

Знак " $\rightarrow$ " задает тут обычную импликацию [8].

**2.3.1 Критерий сложности ТС САУ.** Получение прототипов ограниченной или оптимальной сложности возможно достичь оценкой сложности прототипов как текстов в соответствии с [9]. Необходимые подэтапы: 1) удаления "слишком сложных" прототипов; 2) выбор оптимального прототипа. Аксиомы и правила вывода - аналогичны вышерассмотренным.

**2.3.2 Подэтап контроля окончания вывода.** Вызывается на выполнение после каждого основного этапа вывода. Пусть дано:  $\Xi$  - условие успешного окончания вывода;  $\Psi$  - условие неуспешного окончания вывода;  $\Lambda$  - условие продолжения вывода. Аксиомы процедуры окончания процесса вывода обеспечивают замену согласно правилу вывода МР:

1) Успешное окончание вывода:

$$A5: P^{iv} \rightarrow \Xi; \tag{9}$$

2) Неуспешное окончание вывода:

$$A6: \Theta^v \rightarrow \Psi; \tag{10}$$

3) Требование продолжения вывода:

$$A7: \neg(\Xi \vee \Psi) \rightarrow \Lambda. \tag{11}$$

Вывод прекращается, если верными окажутся аксиомы (10) или (11).

**2.4 Выбор следующего синтерма для вывода.** Правило вывода состоит в увеличении номера шага диалога на 1 и замене текущего синтерма на следующий. Имеется два пути синтеза прототипов в диалоговом режиме: 1) Пользователь

придерживается необходимой ему схемы следования синтермов и указывает необходимый ему шаг задания ТЗ; 2) Пользователю безразличен порядок следования синтермов. В случае безразличного порядка следования синтермов выбор следующего «сужаемого» синтерма кучи  $A_i$ , осуществляется по критерию наибольшего вероятного сужения числа возможных семантически верных прототипов. Данный критерий может быть охарактеризован как критерий минимизации числа и сложности вопросов, обращаемых к пользователю в ходе диалога задания ТЗ на проектирование нужного прототипа. Суть критерия такова. Введем функцию предпочтения для шагов диалога

$$\Phi(A_i) = \left( \sum_{j=1}^{N_i} K_{ij} \right) * (1 - 1/N_i) = K_i * (1 - 1/N_i). \quad (12)$$

Тут:  $K_{ij}$  - число прототипов, «проходящих» через альтернативу  $a_{ij}$  на данном шаге диалога синтеза;  $K_i$  - текущее число прототипов, проходящих через синтерм  $A_i$ ;  $N_i$  - текущее число альтернатив в синтерме  $A_i$ . Будем искать синтерм  $A_o$ , для которого выполняется:

$$A_o = \max_{i=1, N'} \{ \Phi(A_i) \mid \Phi(A_i) \leq \Phi_0 \}. \quad (13)$$

Тут:  $\Phi_0$  - ограничение на возможное количество альтернатив, входящих в синтерм. Если  $\forall K_i = K_p$ , т.е. всякий синтерм включает одно и тоже число прототипов, то для любой пары синтермов выполняется

$$(\Phi(A_{i1}) \geq \Phi(A_{i2})) \leftrightarrow (N_{i1} \geq N_{i2}). \quad (14)$$

В этом случае выбирается синтерм, наиболее близкий по размеру к имеющемуся ограничению. Если  $\forall K_i \neq K_p$ , т.е. всякий синтерм включает различное число прототипов, то решается типичная оптимизационная задача любым методом. Правило вывода предполагает такие операции замены:

1) Увеличение номера шага диалога на 1

$$R3: v / (v + 1); \quad (15)$$

2) Замена текущего синтерма  $A_i^v$  на следующий синтерм, имеющий в своем составе оптимальное количество альтернатив

$$R4: A_i^v / A_o. \quad (16)$$

**2.5 Редукция альтернатив для текущего синтерма кучи.** Задание шага ТЗ инициирует операцию вывода, состоящую в сравнении состава альтернатив двух одноименных текущих синтермов – ТЗ и кучи с последующей заменой полученным результатом множества альтернатив текущего синтерма кучи, т.е.:

$$R5: A_i^v / A_i^{v'}. \quad (17)$$

Подмножество значимых альтернатив ТЗ  $A_i'$  формируется пользователем, исходя из состава текущего синтерма «кучи», т.е. выполняется требование реализуемости ТС САУ:

$$A_i' \subseteq A_i^v, A_i' = \{ a_{ij} \}_{j=1}^{K_i'}, \forall i. \quad (18)$$

Синтерм ТЗ помимо  $A_i'$  включает две альтернативы, отсутствующие в синтерме кучи – «нет в наличии» и «безразлично». Альтернатива  $\Omega$  играет роль двухсторонней «единицы», а  $\Theta$  - роль «нуля». Пусть  $X, Y$  - сравниваемые синтермы,  $|X|$  - мощность

множества альтернатив в синтерме. Формирование  $A_i''$  осуществляется по правилу МР. Аксиомы вывода:

$$A8: (|X| = 1) \& (x_1 = \Omega) \rightarrow (A_i'' \Rightarrow Y); \quad (19)$$

$$A9: (|X| > 1) \& (|Y| > 1) \rightarrow (A_i'' \Rightarrow (X \cap Y)); \quad (20)$$

$$A10: (|X| = 1) \& (x_1 = \Theta) \rightarrow (A_i'' \Rightarrow \Theta); \quad (21)$$

$$A11: (|X| = 1) \& (x_1 = \Omega) \& (|Y| = 1) \& (y_1 = \Theta) \rightarrow (A_i'' \Rightarrow \Theta); \quad (22)$$

$$A12: (|X| = 0) \rightarrow (A_i'' \Rightarrow \Theta). \quad (23)$$

**2.5.1 Контроль окончания вывода.** В случае, если оказались верными аксиомы 3, 4 или 5, то процесс вывода прототипа, требуемого по ТЗ, прекращается по неукспеху.

**2.6 Изменение шкалы синтермов после шага вывода.** Предполагает сужение текущего подмножества возможных шкал на куче, исходя из расширения числа «просмотренных» синтермов в куче на шаге диалога  $v$ , т.е.:

$$R6: H^v / H^{v'}. \quad (24)$$

**2.7 Удаление "ненужных" прототипов из альтернатив.** В случае успеха операции сравнения синтерма ТЗ и синтерма кучи выполняется редукция (удаление) из состава множества альтернатив «лишних» прототипов, т.е. тех семантически возможных прототипов, которые не вошли в «итоговый» синтерм.

**2.7.1 Формирование списка удаляемых прототипов.**

1) Для всех синтермов кучи, менее предпочтительных по шкале  $H^v$  в отношении к текущему синтерму («не отработанные»), определяются списки альтернатив, имеющих в своем составе непустые подмножества «лишних» прототипов, принадлежащих "удаляемому" подмножеству альтернатив:

$$\overline{A_i'} = A_i^v \setminus \underline{A_i'}; \quad (25)$$

2) Определяются подмножества "удаляемых" прототипов, т.е. прототипов, принадлежащих альтернативам в  $\overline{A_i'}$ :

$$\overline{a_{ij}} \in \overline{A_i'}. \quad (26)$$

**2.7.2 Собственно удаление прототипов.**

Правило вывода, осуществляющее собственно операцию удаления прототипов из альтернатив, имеет два подэтапа:

1) Операция удаления из альтернатив "удаленных" прототипов:

$$R7: (a_{ij}^v, a_{ij}^{v'} \Rightarrow a_{ij}^{v''}) / a_{ij}^{v''}, \forall l > i. \quad (27)$$

Аксиомы вывода для правила МР:

$$A14: \forall j, k : (P_{ij}^k \in a_{ij}) \& (a_{ij} \in \overline{A_i'}) \rightarrow (\forall l > i, \forall m_l : a_{lm}'' \Rightarrow a_{lm} \setminus \overline{P_{ij}^k}). \quad (28)$$

2) Операция удаления из синтермов альтернатив, связанных только с удаленными прототипами:

$$R8: (A_l^v, A_l^{v'} \Rightarrow A_l^{v''}) / A_l^{v''}, \forall l > i. \quad (29)$$

Аксиомы вывода для правила МР :

$$A15: (|a_{lm}| = 0) \rightarrow (A_l'' \Rightarrow A_l \setminus a_{lm}). \quad (30)$$

$$A16: (|A_l| = 0) \rightarrow (A_l'' \Rightarrow \Theta). \quad (31)$$

**2.7.3 Контроль окончания вывода.** Если оказалась верной аксиома (31), то процесс вывода прототипа, требуемого по ТЗ, прекращается по неуспеху.

### **2.8 Переход на этап 1 (п. 2.3).**

## **3 Правила изменения элементов семиотической модели**

Правила  $r$  изменения  $T$  есть изменение состава (удаление или добавление) множества семантически верных прототипов. Изменения в  $T$  приводят к изменению: 1) состава множества синтермов и множества альтернатив отдельных синтермов в составе множества базовых элементов системы  $T$ ; 2) множества правил построения синтаксически правильных формул  $S$ . Правила изменения множества аксиом  $A$  рассмотрены в п. 2.3. Множество  $\Pi$  не изменяется.

### **Вывод**

Разработана СМ представления знаний в диалоговых САПР, которая отличается от существующих моделей большей полнотой состава элементов СМ и высокой степенью реализации положений ТС САУ. В частности: 1) Рассмотрен состав основных элементов СМ базы знаний для САПР, построенной в соответствии с положения ТС САУ; 2) Построена конструктивная процедура  $\Pi 4$  для случая диалогового режима. Предложенная СМ является разрешимой и обеспечивает построение интеллектуальных САПР. На ее основе реализована версия инструментальной оболочки, предназначенной для разработки интеллектуальных САПР - "мета-эвристическая оболочка" (МЭО). Оболочка прошла апробацию при создании следующих интеллектуальных САПР: 1) САПР бизнес-планов (не имеющая аналогов); 2) САПР архитектур персональных компьютеров (экспериментальная САПР). Эффективность предложенной СМ представления знаний в САПР заключается в: 1) Обеспечении возможности создания МЭО; 2) Полноте возможностей САПР в задании отношения между множествами критериев и прототипов проектируемых объектов.

### **Литература**

1. Солодовников В.В., Тумаркин В.И. Теория сложности и проектирование систем управления. - М.: Наука. 1990. - 186 с.
2. Пospelов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986.-288 с.
3. Ивлев Ю.В. Модальная логика. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. - 224 с.
4. 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.
5. 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.
6. Андон Ф.И. и др. Логическое направление интеллектуализации информационных систем. Труды 1-й МНТК "УкрПРОГ'98" К., 1998. - С. 368-379.
7. Григорьев А.В. Представление недоопределенности знаний в инструментальной оболочке для построения САПР. Искусственный интеллект. N 1, 1999, С. 96-106.
8. Малахов В.П. Основы формальной логики. - М., Издательство "Щит-М", 1999, - 221 с.
9. Григорьев А.В. Оценка когнитивной сложности моделей. Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника, выпуск 6: - Донецк: ДонГТУ, 1999. - С. 252-259.