

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 004.89.

Абдурагимов Т. Т., Халилов А.И.

### МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ПРОЦЕДУРНОЙ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ

Abduragimov T. T., Halilov A.I.

### MODEL DECISION MAKING BY INTELLECTUAL SYSTEM ON BASE OF THE ILL-DEFINED PROCEDURAL SEMANTIC NETWORK

*В статье предложена процедурная модель представления знаний, обеспечивающая планирование целенаправленного поведения интеллектуальных систем в процессе инструментальной деятельности.*

**Ключевые слова:** интеллектуальная система, процедурная семантическая сеть, проблемная среда, планирование поведения.

*In article is offered procedural model of the presentation of the knowledges, providing planning the goal-directed behavior of the intellectual systems in process of instrumental activity.*

**Key words:** intellectual system, procedural semantic network, problem-solving ambience, planning the behavior.

К одному из эффективных способов представления знаний в интеллектуальных системах (ИС) управления можно отнести использование расплывчатых семантических сетей (РСС). Расплывчатая семантическая сеть позволяет отображать, как конкретную ситуацию проблемной среде, так и представлять знания ИС в общем виде безотносительно к конкретной предметной области. В общем случае, вершины РСС помечаются объектами проблемной среды, а ребра – отношениями, сложившимися в среде между этими объектами. Для планирования инструментальной деятельности на основе РСС формируются фрейм микропрограммы поведения (ФМП) ИС, например, для интегрального робота (ИР), имеющие следующий формат описания «вход» «процедуры» «выход», где

- «вход» представляет собой РСС, определяющую текущую ситуацию проблемной среды (ПС) в которой допустима отработка действий образующих «процедуры» ФМП;
- «выход» определяется РСС, описывающей ситуацию ПС получаемую в результате отработки «процедур» ФМП.

В РСС вершины могут определяться двумя способами:

- активные вершины  $V_i^*$  задаются множеством характеристик, определяющих конкретные объекты ПС, которыми могут быть помечены данные вершины в конкретной ситуации ПС;
- $V_i$  - пассивные вершины, или вершины, помеченные конкретными объектами ПС.

Для планирования инструментальной деятельности ИР активные вершины  $V_i^*$  в РСС могут определяться такими характеристиками, которые позволяют ИР определять находящиеся в ПС инструменты, необходимые для достижения с их помощью стоящей перед ним целью. Главное отличие активных вершин от пассивных заключается в том, что

у пассивных вершин среди множества характеристик может фигурировать логическая переменная  $C_i$ , значение которой символизирует выполнение поставленной подзадачи, путем выполнения действий входящих в «процедуры» ФМП.

Для планирования инструментальной деятельности, вершины РСС по которым выбираются объекты ПС, предназначенные для их использования в качестве инструментов дополнительно определяются последовательностью действий ИР, которые он должен выполнить с ними при их применении для достижения стоящей цели.

Например, в проблемной среде находятся четыре инструмента  $V_1^*$ ,  $V_2^*$ ,  $V_3^*$  и  $V_4^*$ . Все эти инструменты отличаются друг от друга по своим характеристиками  $X_i$ , но могут быть использованы для достижение одной и той же цели, но разными способами, т.е. при выполнении различных действий ФМП. При этом, если фактическая характеристика какого-нибудь объекта находящегося в среде не соответствует требуемому значению этой характеристики, определяемому множеством характеристик, описывающих активную вершину РСС – «инструмент», то его нецелесообразно использовать в качестве инструмента в любой ситуации ПС для достижения поставленной цели с помощью соответствующей ФМП.

Например, ИР может использовать в качестве инструмента любой объект находящийся в ПС, имеющий площадь поверхности не ниже «средней», требуемую высоту и вес для того что бы его перенести, влезть на него и достать объект находящегося за пределами его рабочей зоны по высоте.

В общем случае множество характеристик  $X_1$  инструмента  $V_1^*$  при нечетком их описании можно определить, например, следующим образом:

$X_1 = \{x_i, i=1, n\} = \{\text{“квадратный”}; \text{“хрупкий”}; \text{“лёгкий”}, \text{“большой”}; \text{“ не очень низкий”}\}$ , а множество действий которые ИР обрабатывает при его использовании в качестве инструмента, что бы с его помощью достать другой объект в ПС можно определить следующим образом { подойти, поднять, перенести, поставить, влезть }.

Назовем РСС процедурной расплывчатой семантической сетью, если ее активные вершины –«инструменты»определяются рядом действий, которые требуется выполнить над соответствующими им объектами ПС для достижения определенной цели.

Допустим ИР необходимо достать объект  $V_i$ , находящийся за пределами его рабочей зоны на высоте  $h$ . Изначально робот анализирует все объекты находящиеся в ПС на предмет возможности их использования в качестве инструмента. Затем после их отбора по критериям предельно допустимых значений, строится исходная процедурная РСС  $S_0$ , например, рисунок 1.

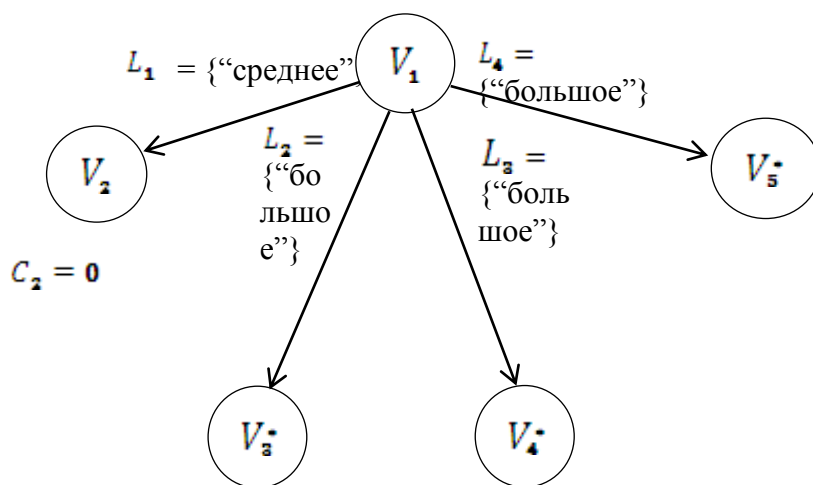


Рисунок 1 -Структура исходной процедурной РСС  $S_0$ .

где  $V_1$  - робот;  
 -  $V_2$  - объект, который необходимо достать;  
 -  $V_3$  - инструмент квадратной формы, имеющий плоскую поверхность (подставка, на которую можно влезть и достать требуемый объект);  
 -  $V_4$  - инструмент круглой формы (например, объект, который можно подбросить и сбить требуемый объект);  
 -  $V_5$  - инструмент длинной формы (например, шест, с помощью которого можно сбить требуемый объект).

При этом, каждая вершина – «инструмент» РСС определяется множеством соответствующих ей действий ИР  $D_i$ , выполняемых роботом при использовании в качестве инструмента объекта, которым она помечена. В процедурной РСС  $S_0$  действия ИР, которыми помечается каждая из вершин определяются следующим образом:

- для активной вершины  $V_3^*$  - инструмент квадратной формы (подставка):

$D_3 = \{d_1^3, d_2^3, d_3^3, d_4^3\} = \{\text{“подойти } V_j \text{”}, \text{“поднять } V_j \text{”}, \text{“подойти к } V_j^* \text{”}, \text{“опустить и влезть на } V_j \text{”}\};$

- для активной вершины  $V_4^*$  – инструмент длинной формы (шест);

$D_4 = \{d_1^4, d_2^4, d_3^4, d_4^4, d_5^4, d_6^4\} = \{\text{“подойти } V_j \text{”}, \text{“взять } V_j \text{”}, \text{“подойти к } V_j^* \text{”}, \text{“ударить } V_j \text{”}, \text{“сбить } V_j^* \text{”}, \text{“поднять } V_i^* \text{”}\};$

- для активной вершины  $V_5^*$  - инструмент круглой формы (, например, камень);

$D_5 = \{d_1^5, d_2^5, d_3^5, d_4^5, d_5^5, d_6^5\} = \{\text{“взять } V_i^* \text{”}, \text{“подойти к } V_j \text{”}, \text{“подойти к } V_j^* \text{”}, \text{“бросить } V_i^* \text{ в } V_j \text{ и сбить этот объект”}, \text{“поднять объект } V_i^* \text{”}\}.$

Кроме того, вершины выходной и выходной РСС фрейм микропрограммы поведения должны иметь дополнительный логический параметр состояния  $C_i$ , служащий для оценки условия «достижение поставленной цели». При этом логическая переменная имеет два значения 0 («ложь») и 1 («истина»). Изначально логические параметры  $C_i$  всех вершин РСС равны 0. Затем, по заданным правилам (см. ниже), во входной РСС фрейм микропрограммы они принимают значения равные 1. Изменение же значения  $C_i$  в выходной сети происходит исходя из положения ИР в ПС и по мере выполнения им запланированных действий, например,

$$C_i = \begin{cases} 0, & \text{если не выполнено действие “взять } V_i^* \text{” или “взять } V_i^{**} \text{”} \\ 1, & \text{если выполнено действие “взять } V_i^* \text{” или “взять } V_i^{**} \text{”} \end{cases}$$

Другими словами, изменение значения переменной  $C_i$  определенное выполнением требуемого условия происходит в том случае, если отработано ИР определенное действие над объектом, определяемым этой вершиной.

Например, при необходимости взять объект, значение логического параметра  $C_i$  вершины  $V_2$  будет определяться следующим образом:

$$C_2 = \begin{cases} 0, & \text{если не выполнено действие “взять } V_2 \text{”}; \\ 1, & \text{если выполнено действие “взять } V_2 \text{”}; \end{cases}$$

Процедурная модель процесс выполнения решения рассмотренной выше задачи хранится в базезнаний ИР в виде ФМП, обозначенной идентификатором –«достать объект».

В общем случае реализация ФМП включает следующие три составляющие: постановку задачи, анализ и формирование плана действий, реализацию сформированного плана.

1. **Постановка задачи.** В постановке задачи конкретизируются вершины РСС «вход» и «выход» ФМП, путем подстановки в активные вершины конкретных объектов ПС, например, для РСС, определяющей «выход» ФМП  $S_1$ , приведена соответствующая РСС на рисунке 2.

При этом, если наблюдаются различия значений отношений между одноименными объектами в исходной сети  $S_1$  и целевой сети  $S_0$  ПС, то перед ИР ставится задача устранить данные различия для достижения поставленной перед ним цели, т.е. стоящая перед роботом задача сводится к определению последовательности действий позволяющих преобразовать исходную ситуацию среды, определяемую РСС  $S_0$  в целевую ситуацию - РСС  $S_1$ . Для этой цели робот выбирает необходимую ФМП «вход» и «выход» которой, соответственно, являются расплывчато изоморфными РСС, описывающих исходную и целевую ситуацию ПС.

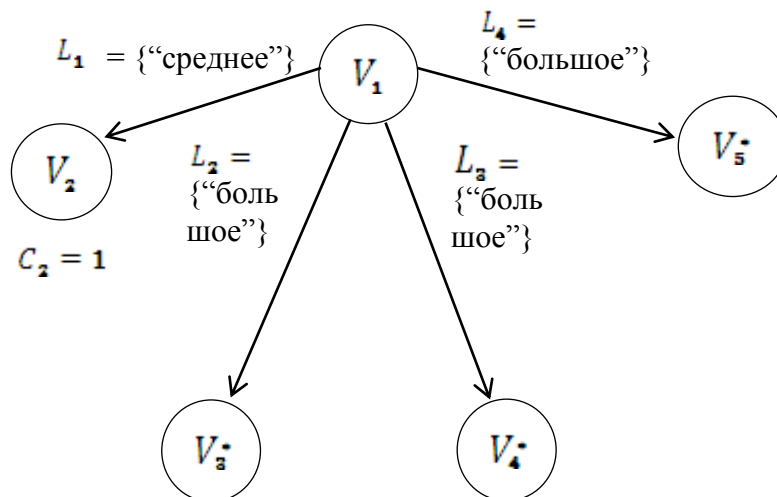


Рисунок 2 - Целевая процедурная РСС  $S_1$ .

2. **Анализ сложившейся ситуации и формирование плана действий.** После постановки задачи ИР и выбора необходимой для ее решения ФМП роботу требуется определить только те действия, входящие в структуру «процедур» фрейм микропрограммы, которые необходимо выполнить для достижения стоящей цели в конкретных условиях ПС. Для этого все логические условия вершин во входной РСС между которыми во «входе» и «выходе» ФМП наблюдаются различия между значениями смежных с ними отношений выполняется установка логических переменных  $C_i$  равных 1. После этого сравниваются значения одноименных логических условий во входной и выходной РСС. При обнаружении не соответствия между значениями одноименных логических переменных  $C_i$ , ИР заносит в кортеж планируемых действий  $D_0$  только те действия, которые необходимо выполнить над объектами ПС для достижения стоящей цели. Если эти действия не позволяют получить требуемый результат без использования инструментов, то во множество  $D_0$  заносятся дополнительные действия, определяемые по соответствующим вершинам – «инструментам», т.е. действия выполняемые с инструментами для решения поставленной задачи.

Может возникнуть ситуация, что ни один из объектов находящихся в ПС инструмент не может быть использован в качестве инструмента. Тогда для решения стоящей задачи делается попытка совместного использования различных объектов находящихся в ПС в качестве инструментальных средств.

Для корректного совместного использования различных объектов в качестве инструмента все действия над ними, которыми помечены соответствующие вершины РСС, также определяются в общей программе действий ФМП. Для приведенного выше примера, конечное множество действий выполняемых для получения требуемого инструмента квадратной формы  $V_3^*$  будет следующим:

$$D_3 = \{d_1^3, d_2^3, d_4^3\} = \{\text{“взять } V_3^* \text{”}, \text{“подойти к } V_2 \text{”}, \text{“положить } V_3^* \text{”}\};$$

Множество действий для инструмента длинной формы:

$D_4 = \{d_1^4, d_2^4, d_4^4, d_6^4\} = \{\text{“взять } V_4^* \text{”}, \text{“подойти к } V_2 \text{”}, \text{“сбить } V_2 \text{”}, \text{“положить } V_4^* \text{”}\};$

Нечёткое множество действий объекта, которого необходимо достать  $V_2$  :

$D_2 = \{d_1^2\} = \{\text{“взять } V_1 \text{”}\};$

Нечёткое множество действий совместного использования инструментов «квадратной» и «продолговатой» форм будет иметь следующее содержание:

$D_0 = \{d_2^1, d_1^3, d_2^3, d_4^3, d_2^1, d_1^4, d_2^4, d_1^X, d_4^4, d_2^X, d_1^1, d_1^2\} = \{\text{“подойти к } V_3^* \text{”}, \text{“взять } V_3^* \text{”}, \text{“подойти к } V_2 \text{”}, \text{“положить } V_3^* \text{”}, \text{“подойти к } V_4^* \text{”}, \text{“взять } V_4^* \text{”}, \text{“подойти к } V_2 \text{”}, \text{“залезть на } V_3^* \text{”}, \text{“сбить } V_2 \text{”}, \text{“положить } V_4^* \text{”}, \text{“слезть с } V_3^* \text{”}, \text{“подойти к } V_2 \text{”}, \text{“взять } V_2 \text{”}\}.$

**3. Реализация сформированного плана.** Сформировав множество требуемых действий  $D_0$ , ИР переходит к их отработке согласно полученному плану деятельности. Например, после выполнения операции “взять  $V_2$ ” значение логической переменной  $C_2$  для объекта  $V_2$  станет равным 1, что является условием перехода к отработке следующего действия.

После выполнения всего множества действий из множества  $D_0$  проводится проверка соответствия значений одноименных логических переменных  $C_i$  в сетях  $S_0$  и  $S_1$ . Если все значения логических переменных совпадают, то цель считается достигнутой. Если же значения одной или несколько переменных не совпадают, то формируется новое множество  $D_0'$ , с учетом полученного не совпадения значений одноименных логических переменных и т.д. до достижения поставленной цели.

#### Библиографический список:

1. Абдурагимов Т.Т. Модели принятия решений интеллектуальным роботом в процессе инструментальной деятельности на основе лингвистических функций в условиях неопределённости: сб. науч. тр. - Махачкала: ДГТУ, 2011. - С.7-13.
2. Абдурагимов Т.Т. Модели фрейм микропрограмм поведения интеллектуальной системы в проблемной среде: сб. Материалов II Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы современной науки: Свежий взгляд и новые подходы» - Йошкар-Ола, 2011,- С. 17- 23.
3. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. - М.: Мир, 1976.
4. Мелёхин В.Б., Алиев С.Н., Вердиев М.М. Лингвистические функции и особенности их применения в системах управления и принятия решений // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Основной выпуск. 2008. №2 (Том 54). С. 249-254.