



УДК 681.51:519

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ САМООБУЧЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ НА НЕЧЕТКИХ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Л.В. КРАСОВСКАЯ

*Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет*

*e-mail:
krasovskaya@bsu.edu.ru*

Описаны алгоритмы самообучения, позволяющие формировать программы целесообразного поведения в различных проблемных средах, отличающиеся от известных, имитацией отработки пробующих действий на НСС, что дает возможность исключить влияние ИС на ПС в процессе изучения закономерностей среды. Разработана методика сравнения нечетко представленных отношений в модели ПС, отличающаяся от известных тем, что она позволяет выполнять не-смещенную оценку равенства нечетко выраженных показателей и тем самым повысить достоверность сравнения.

Ключевые слова: алгоритмы самообучения, интеллектуальные системы, проблемная среда, нечеткая семантическая сеть, множество вершин и ребер, характеристик, терм.

Характерной особенностью интеллектуальных систем (ИС) способных функционировать в условиях неопределенности является то, что знания таких систем должны быть не только структурированы, но и представлены безотносительно к конкретным условиям функционирования. Для описания ситуаций проблемной среды (ПС) безотносительно к конкретной области можно использовать нечеткие семантические сети (НСС) активного и пассивного типа [1].

Формально нечеткая семантическая сеть является ориентированным нечетким мультиграфом $G_1=(V_1,E_1)$, где $V_1=v_i \ i=1,n-1$ и $E_1=e_i \ i=1,n$ -соответственно множество вершин и ребер. Вершины $v_i \in V_1$ биективно соответствуют объектам проблемной среды (ПС), ребра – отношениям, складывающимся в среде между этими объектами. Вершины $v_i \in V_1$ могут быть двух типов: свободные v^*_i и занятые v^0_i . Каждая свободная (активная) вершина $v^*_i \in V_1$ определяется множеством характеристик X_i , которым должны обладать конкретные объекты $o_{i1} \in O$, чтобы была разрешена пометка этой вершины их именами в конкретной (текущей) ситуации ПС. После выполнения такой пометки активная вершина v^*_i становится пассивной v^0_i и определяется множеством характеристик X_{i1} конкретного объекта, которым она помечена. Иными словами, активная вершина $v^*_i \in V_1$ помечается объектом $o_i(X_i) \in O$, если выполняется условие $X_i \subset X_{i1}$, где запись $o_{i1}(X_{i1})$ означает, что объект o_{i1} описывается множеством характеристик X_{i1} .

Ребра $e_i \in E$ или отношения между объектами ПС задаются парами $\langle \mu(x_i), T_j \rangle$, где T_j – нечеткое значение (терм) лингвистической переменной $T_j \in T$; $\mu(x_i) \in [0,1]$ – степень принадлежности количественного значения лингвистической переменной $T_j \in T$ к интервалу численных значений термина T_j ; $T^* \subset \{T_j\}$ – множество лингвистических переменных, биективно соответствующих семантическому определению различных отношений.



В рассмотренном случае, при описании НСС ограничения, определяемые элементами терм – множества лингвистической переменной и накладываемые на базовые переменные

$x_i \in U_i$ задаются четко и вычисляются, исходя из функционального назначения и

возможностей ИС. Иначе говоря, множество U разбивается на $i = \overline{1, k}$ непересекающихся открытых справа интервалов согласно заданному на его элементах отношению эквивалентности "находиться внутри j интервала".

Для перехода от количественных значений отношений между объектами ПС, измеренных при помощи информационно-измерительной системы ИС и определяемых

базовыми значениями x_i лингвистических переменных, к качественным их значениям,

т.е. к одному из термов T_j можно использовать преобразования следующего вида:

$$F: i \rightarrow \begin{cases} T_j, & \text{если } 0 \leq x_i < x_i^*; \\ T_j', & \text{если } x_i^* < x_i^{**} \leq x_{i+1}^*; \\ T_j'', & \text{если } x_{ik-1}^* < x_{i+1}^* \leq x_{ik}^*; \end{cases} \quad (1)$$

где x_i^* и x_{i+1}^* , $i = \overline{1, k}$ соответственно нижняя и верхняя граница числовых значений x_i^{**} терма T_j' , $[x_i^{**}]$ – середина интервала числовых значений этого терма;

x_{ik-1}^* , x_{ik}^* – соответственно нижняя и верхняя граница числовых значений терма T_j'' ,

x_{i+1}^* – середина интервала числовых значений терма T_j .

Степень принадлежности $\mu(x_i)$ значений базовой переменной x_i к множеству числовых значений терма T_j может вычисляться согласно следующему характеристическому уравнению:

$$\mu(x_i) = \begin{cases} \frac{x_i - x_i^*}{x_i^{**} - x_i^*}, & \text{если } x_i \in [x_i^*, x_i^{**}] \\ \frac{x_i - x_i^{**}}{x_{i+1}^* - x_i^{**}}, & \text{если } x_i \in [x_i^{**}, x_{i+1}^*] \end{cases} \quad (2)$$

Для сравнения двух значений отношений между собой, заданных тройками $\langle x_i, \mu(x_i), T_j \rangle$ и $\langle x_i', \mu(x_i'), T_j' \rangle$ введем характеристику степени их равенства (близости)

$\rho(x_i, x_i')$, которая может вычисляться следующим образом:



$$\rho(x_i, x'_i) = \begin{cases} \text{а) } 1, \text{ если } (|x_i - x'_i| < \varepsilon_0) \& (T_j = T'_j); \\ \text{б) } \mu(x_i) \leftrightarrow \mu(x'_i), \text{ если } |x_i - x'_i| > \varepsilon_0 \& (T_j = T'_j) \& ((x_i, x'_i) \in [x_i^*, x_i^{**}] \vee (x_i, x'_i) \in [x_i^{**}, x_{i+1}^*]); \\ \text{в) } (\mu(x_i) \leftrightarrow (1 - \mu(x'_i))), \text{ если } |x_i - x'_i| > \varepsilon_0 \& (T_j = T'_j) \& \\ \& ((x_i, x'_i) \notin [x_i^*, x_i^{**}] \vee (x_i, x'_i) \notin [x_i^{**}, x_{i+1}^*]); \\ \text{г) } 0, \text{ если } T_j \neq T'_j, \end{cases} \quad (3)$$

где ε_0 – параметр, задающий приведенное значение точности сравнения величины отношения; x'_i – базовая переменная к множеству числовых значений терма T'_j ; \leftrightarrow – операция расплывчатой эквивалентности, определяемая по формуле $\min(\max(\mu(x_i), (1 - \mu(x'_i))), \max(\mu(x'_i), (1 - \mu(x_i))))$ [2]; $\&$ – конъюнкция, оказывающая одновременность выполняющихся условий.

Выражение (3) можно обосновать следующим образом. Два количественных значения отношения равны между собой, если они попадают в интервал численных значений одного и того же терма T_j в окрестность одной и той же точки, определяемую

значением параметра ε_0 (случай а); два количественных значения x_i и x'_i нечетко равны между собой, если они принадлежат интервалу численных значений одного и того же терма T_j . Причем, если оба значения степени принадлежности сравниваемых значений попадают в одну и ту же половину интервала численных значений терма, то степень сравнения вычисляется по «б», в противном случае, она определяется по «в». Значения x_i и x'_i не равны между собой, если они попадают в интервалы численных значений различных термов лингвистической переменной T_j (случай г). Следовательно, два значения одного и того же отношения равны при $\rho(x_i, x'_i) = 1$. Эти значения отношения являются нечетко равными, если $\rho(x_i, x'_i) > 0$ и они не равны в случае, когда $\rho(x_i, x'_i) = 0$.

Рассмотрим ПС как множество взаимосвязанных между собой объектов и независимых от ИС событий $Q = \{q_i\}, i_1 = \overline{i, n_1}$. В каждый дискретный момент времени t среду можно охарактеризовать текущей ситуацией $s_i^t \in S$, определяемой текущими состояниями находящихся в ней объектов и характером отношений между этими объектами. Часть ситуаций S – множество $C_2 = \{c_{i_2}\}, i_2 = \overline{i, n_2}$ будем называть стандартными (безусловными). Эти ситуации определяют различные цели и подцели условного функционирования ИС и вызывают у нее при восприятии соответствующие стандартные реакции (СР), свя-



занные с достижением заданной цели $S_{цел}$. Для имитации отработки действий на НСС каждое из них определяется с помощью следующего формата описания <<имя действия>>НСС, определяющая допустимые условия отработки действия><НСС, описывающая результат отработки>>, которое будем называть фреймом действия (ФД).

Первая часть – <имя действия> является идентификатором действия. Вторая часть – <условия, выполнение которых в ПС требуется для успешной отработки действия> – представляет собой активную НСС, формальное описание которой является мультиграфом $G_1=(V_1, E_1)$, где V_1 – множество свободных вершин, каждая из которых помечается списком характеристик X_i , которыми должны обладать объекты, чтобы было допустимым выполнение над ними действия ФД.

Третья часть ФД – <результат отработки действия>- представляет собой НСС получаемую из сети G_1 после отработки действия этого фрейма.

Имитация отработки действий проводится следующим образом. На первом этапе определяются все действия, которые можно непосредственно выполнить в ПС согласно содержанию второй части соответствующих действиям ФД. Затем выбирается конкретное действие для отработки и осуществляется имитация его отработки на НСС, определяющая текущие условия функционирования. В НСС, определяющей текущую ситуацию ПС по содержанию третьей части ФД вносятся соответствующие изменения значений отношений между объектами среды, которые получаются в результате непосредственной отработки действия в ПС. Если в результате имитации отработки действия получается ситуация, которая приближается к целевой ситуации по своему содержанию то, формируется звено в цепи поведения в

форме имплицитивного решающего правила $S_{тек} \vee_j^1 S'$, где приведенная запись означа-

ет, что при восприятии текущей ситуации ПС $S_{тек}$ отработка действия \vee_j^1 приводит к ее

преобразованию в результирующую ситуацию $S'_{тек}$. Причем степень близости $\rho(S_{i+тек}, S_{цел}) > \rho(S_{тек}, S_{цел})$, т.е. действие \vee_j^1 преобразует ситуацию $S_{тек}$ в ситуацию $S_{i+тек}$, между вновь полученной и целевой ситуациями наблюдается меньшее число различий, чем между целевой и исходной ситуациями. В результате формируется модель целесообразного поведения следующего вида $L(x) = S_{T_{i+1}} \& b_j \rightarrow S_{T_{i+1}}^2 \& b_{j+1} \rightarrow \dots \rightarrow S_{T_{i+n}} \& b_{j+n} \rightarrow S_{цел}$.

Полученная в процессе самообучения модель поведения закрепляется окончательным образом достижением цели после ее непосредственной реализации в ПС.

Приведем описание алгоритмов самообучения интеллектуального робота на нечетких семантических сетях. Таких алгоритмов может быть два: с активной логикой поведения и активно-пассивной логикой поведения. Алгоритм с активной логикой поведения предназначен для самообучения ИС в статических средах, т.е. средах, в которых преобразование ситуаций происходит только в результате обрабатываемых системой действий. Алгоритм самообучения с активно-пассивной логикой поведения в основном предназначен для адаптации ИС к динамическим ПС. Однако, он может быть использован и для самообучения в статических средах. При этом функционирование ИС должно носить только активный характер, по истечению заданного интервала времени, при условии, что в ПС не происходит самопроизвольных преобразований, ИС переходит к активным манипуляциям. С учетом выражений (1) и (2) мультиграф, биективно соответствующий описанной ситуации ПС, представлен на рисунке.

Аналитически этот граф можно описать следующим образом:

{ИР (((<<0.2/рядом>заготовка>) & <0.2/рядом>стеллаж>) & <1/далеко>станок>) & <1/далеко>подставка>)} & {станок ((<<0.2/рядом>подставка> & <<1/далеко>стеллаж>)) & {подставка ((<<0.2/рядом>станок>) & <<1/далеко>заготовка>))}, где &- конъюнкция, обозначающая одновременность происходящего события; "рядом", "близко", "далеко" – термы лингвистической переменной "расстояние". При аналитическом описании НСС выражение,

заклученное в фигурные скобки называется отдельным фрагментом сети, а имена объектов, с которых начинаются фрагменты, определяются как ключевые понятия фрагментов. Фрагменты НСС, необходимые для описания ПС достаточного для принятия решений, можно оп-ределить эвристическим путем. Например, первый базовый фрагмент строится относительно ключевой вершины сети, помеченной понятием "ИР". Следующие необходимые фрагменты формируются относительно объектов, входящих в структуру заданного на текущий момент времени целевого условия, но над которыми ИС непосредственных действий не выполняет. Третий вид фрагментов строится в процессе функционирования относительно объектов, ис-пользуемых ИС в качестве вспомогательных инструментов (рис).

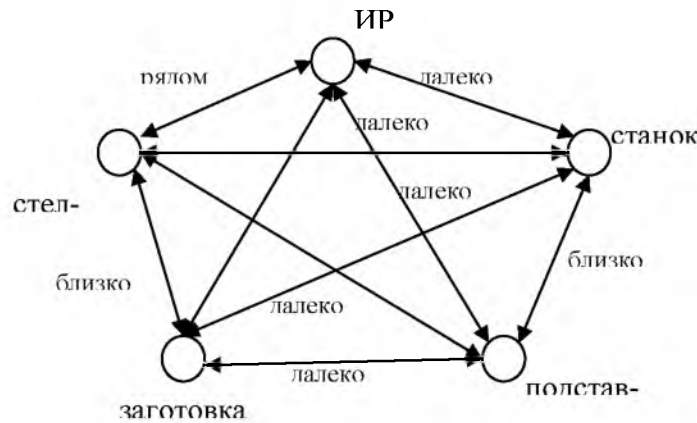


Рис. Мультиграф описанной ситуации ПС

Самообучение выполняется без непосредственной отработки действий в проблемной среде, что позволяет роботу избежать недопустимых преобразований проблемной среды в результате непосредственной реализации пробующих действий.

Литература

1. Берштейн Л.С., Мелехин В.Б. Планирование поведения интеллектуального робота. – М.: Энергоатомиздат, 1994.-238 с.
2. Мелехов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.П. Экспертные соответствующие системы с нечеткой логикой. –М.: Наука, 1991. – 270 с.

MODELLING OF ALGORITHMS OF SELF-TRAINING OF INTELLECTUAL SYSTEMS ON INDISTINCT SEMANTIC NETWORKS

L. V. KRASOVSKAYA

Belgorod National Research University

e-mail: krasovskaya@bsu.edu.ru

Described algorithms of self-training, allowing form program of expedient behaviour in different problem-solving ambiances, differing from the known, imitation an work trying actions on ISN that enables to exclude the influence SS on PA in process of study of regularities of ambience. It Is Designed strategy of comparison ill-defined presented relations in models PA, differing from the known that that it allows to execute unremovable estimation of equality of ill-defined denominated factors and hereunder raise validity of comparison.

Key words: algorithms of self-training, intellectual systems, problem-solving ambience, ill-defined semantic network, ensemble of tops and ribs, features, therms.