



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА,
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

MSC 92B20

ИМИТАЦИЯ ОТРАБОТКИ ДЕЙСТВИЙ В АЛГОРИТМАХ
САМООБУЧЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ
НА НЕЧЕТКИХ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Л.В. Красовская

Белгородский государственный университет,
ул. Победы, 85, Белгород, Россия, e-mail: krasovskaya@bsu.edu.ru

Аннотация. Разработана методика сравнения нечетко представленных отношений в модели проблемной среды, отличающаяся от известных тем, что она позволяет выполнять несмещенную оценку равенства нечетко выраженных показателей и тем самым повысить достоверность сравнения [1, 2]. Описаны алгоритмы самообучения, позволяющие формировать программы целесообразного поведения в различных проблемных средах, отличающиеся от известных, имитацией отработки пробующих действий на нечетких семантических сетях [3], что дает возможность исключить влияние интеллектуальных систем на проблемную среду в процессе изучения закономерностей среды [4].

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

1. Введение. 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 [10]. Для описания ситуаций проблемной среды (ПС) безотносительно к конкретной области можно использовать нечеткие семантические сети (НСС) активного и пассивного типа [1].

2. Основная часть. Формально нечеткая семантическая сеть является ориентированным нечетким мультиграфом $G_1 = (V_1, E_1)$, где $V_1 = v_i, i = \overline{1, n-1}$ и $E_1 = e_i, i = \overline{1, n}$ – 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_i^0 . 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_i^0 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 – множествами 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 $i = \overline{1, k}$ непересекающиеся открытые справа интервалы согласно заданному на его элементах отношению эквивалентности «находиться внутри j интервала» [7].

Для перехода от количественных значений отношений между объектами ПС [5], измеренных при помощи информационно-измерительной системы ИС и определяемых базовыми значениями x_i лингвистических переменных, к их качественным значениям, т.е. к одному из термов T_j можно использовать преобразования следующего вида [1, 2]:

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

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

Степень принадлежности $\mu(x_i)$ значений базовой переменной x_i к множеству числовых значений термина T_j может вычисляться согласно следующему характеристическому уравнению [1]:

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

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:

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

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.

Предложенное выражение для определения степени близости позволяет избежать искажения получаемого результата, когда степени принадлежности сравниваемых значений отношений равны, но находятся по разные стороны от центра тяжести функции принадлежности.

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 $Q = \{q_{i_1}\}, i_1 = \overline{1, n_1}$. В каждый дискретный момент времени t среду можно охарактеризовать текущей ситуацией s_t^t , определяемой текущими состояниями находящихся в ней объектов и характером отношений между этими объектами. Часть ситуаций S – множество $C_2 = \{c_{i_2}\}, i_2 = \overline{1, n_2}$ будем называть стандартными (безусловными). Эти ситуации определяют различные цели и подцели условного функционирования ИС и вызывают у нее при восприятии соответствующие стандартные реакции (СР), связанные с достижением заданной цели $S_{\text{цел}}$. Для имитации отработки действий на НСС каждое из них определяется с помощью следующего формата описания $\langle\langle$ имя действия $\rangle\langle$ НСС, определяющая допустимые условия отработки действия $\rangle\langle$ НСС, описывающая результат отработки $\rangle\rangle$, 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 [2, 6]. 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 имплицитного решающего правила $S_{\text{тек}} \& b_j^1 \rightarrow S'$, где приведенная запись означает, что, при восприятии текущей ситуации ПС $S_{\text{тек}}$, отработка действия b_j^1 приводит к ее преобразованию в результирующую ситуацию $S'_{\text{тек}}$. Причем степень близости $\rho(S_{i+1, \text{тек}}, S_{\text{цел}}) > \rho(S_{i, \text{тек}}, S_{\text{цел}})$, т.е. действие b_j^1 преобразует ситуацию $S_{i, \text{тек}}$ в ситуацию $S_{i+1, \text{тек}}$, между вновь полученной и целевой ситуациями наблюдается меньшее число различий, чем между целевой и исходной ситуациями. В результате формируется модель целесообразного поведения следующего вида $L(x) = S_{T_{i+1}} \& b_j \rightarrow S_{T_{i+1}}^2 \& b_{j+1} \rightarrow \dots \rightarrow S_{T_{i+n}} \& b_{j+n} \rightarrow S_{\text{цел}}$.

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

Приведем описание различных алгоритмов самообучения интеллектуального робота на нечетких семантических сетях [5]. Таких алгоритмов может быть два: с активной логикой поведения и активно-пассивной логикой поведения [9]. 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. В алгоритме с активно-пассивной логикой сначала формируем текущую ситуацию. Выполняем наблюдения за изменением ситуации. Если произошло самопроизвольное изменение преобразованной ситуации, то формируем множество выполненных в нем действий и проверяем условие путем имитации отработки действий: «находятся среди них действия, приводящие к достижению цели». Если таких действий не наблюдается, то продолжаем наблюдать за изменением среды. Иначе запоминаем цепочку $S_{i, \text{тек}} \& b_j \rightarrow S_{\text{цел}}$. Далее принимаем $S_{\text{цел}}$ за $S_{i, \text{тек}}$, наблюдая за изменением среды. Если процесс не привел к достижению цели через заданный интервал времени, то переходим к активной логике поведения. Адаптация ИС в ПС происходит в динамике реального времени по мере изменения ситуаций в среде путем перехода системы от детерминированного функционирования, определяемого отработкой действий имплицитно.



кативных решающих правил, закрепленных в цепи формируемой программы целесообразного поведения, к самообучению при попадании в новые условия среды [8]. При этом функционирование ИС должно носить только активный характер, но истечению заданного интервала времени, при условии, что в ПС не происходит самопроизвольных преобразований, ИС переходит к активным манипуляциям.

3. Заключение. Таким образом, процесс самообучения ИС можно рассматривать как автоматическую генерацию графа [5] при условии, что ей априорно не известны результаты, к которым могут привести обрабатываемые действия. Практическая ценность заключается в возможности использования разработанных алгоритмов целесообразного поведения для самообучения интеллектуальных систем [7] в реальных труднодоступных для человека проблемных средах.

Выводы. Предложена оригинальная модель ПС [11] в виде нечеткой семантической сети, отличающаяся от известных наличием вершин, определяемых независимые от ИС события, что позволяет моделировать динамические проблемные среды, и обеспечивать имитацию самообучения ИС в недоопределенных [12] динамических средах.

Литература

1. Красовская Л.В. Несмещенные оценки сравнения отношений в нечетких семантических сетях // Вестник ДГТУ. Технические науки. – Махачкала, 2005. – №7.
2. Красовская Л.В. Алгоритмы самообучения интеллектуальных систем на нечетких семантических сетях с имитацией отработки действий // Радиоэлектроника. Известия вузов России. – 2006. – № 4.
3. Берштейн Л.С., Мелехин В.Б. Планирование поведения интеллектуального робота / М.: Энергоатомиздат, 1994. – 238 с.
4. Мелехов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.П. Экспертные соответствующие системы с нечеткой логикой / М.: Наука, 1991. – 270 с.
5. V.V. Tarasevich, I.G.Popov, Yu.A.Zagorulko. Use of Constraint Propagation Technique on a Semantic Network for the Solution of Problems Defined on Graphs and Networks // Proc. 2000 ERCIM/Compulog Net Workshop on Constraints (ERCIM-2000). -Padova, Italy, June 2000. 6 pages.
6. Мелехин А.В., Кагиров К.А., Красовская Л.В. Организация самообучения интеллектуальных систем на основе имитации целесообразного поведения // Вестник ДГТУ. Технические науки. – Махачкала: ДГТУ, 2002. – №5
7. George F. Luger. Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving / Addison Wesley, 2004.
8. Tarasevich V.V., Narinjani A.S., Zagorulko Yu.A. Piping network design under the condition of subdefinite and incomplete data // Proceedings of XXX IAHR Congress, Theme D «Hydroinformatics and advanced data technology in engineering practice» (August 2003, AUTH, Thessaloniki, Greece). Series Eds. Prof. Ganoulis J., Prof. Prinos P. Theme Eds. Dr. Korfiatis G., Prof. Christodoulou G. ISBN 960-243-598-1, 2003. pp.391– 98.
9. Мелехин В. Б., Красовская Л. В. Организация самообучения интеллектуального робота на нечетких семантических сетях // Неделя науки- 2004. Сборник докладов XXV итоговой научно-технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ДГТУ. – Махачкала: ДГТУ, 2004.
10. A.S. Narin'yani. To interact means to understand each other // Сб. Трудов 9-th International Conference «Speech and Computer (SPECOM'2004)» & INTAS Strategic Scientific Workshop. СПб 2004.



11. Красовская Л.В. Моделирование алгоритмов самообучения интеллектуальных систем на нечетких семантических сетях // Научные ведомости БелГУ. – 2012. – №7(126). – Вып. 22/1. – С.137-142.
12. Yury A. Zagorulko, Ivan G. Popov, Yury V. Kostov. Subdefinite Data Types and Constraints in Knowledge Representation Language // Joint Bulletin of the Novosibirsk Computing Center and Institute of Informatics Systems. Series: Computer Science. 16 (2001), NCC Publisher. Novosibirsk, 2001.

IMITATION OF ACTIONS OF SELF-TRAINING ALGORITHMS OF SAVVY SYSTEMS ON ILL-DEFINED SEMANTIC NETWORK

L.V. Krasovskaya

Belgorod State University,
ул. Победы, 85, Белгород, Россия, e-mail: krasovskaya@bsu.edu.ru

Abstract. It is developed of comparison method of ill-definitely represented relations for problem-solving ambience model that is differed from the known ones. It permits to fulfil the unbiased estimate of equality of the ill-definitely expressed characteristics and to magnify the reliability comparison [1,2]. Self-training algorithms are described which permit to form programs of rational behavior at different problem-solving ambiances and imitation of probe actions on ill-defined semantic networks [3]. It gives the possibility to exclude the savvy systems influence on problem-solving ambience at its study [4].

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