

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 *Yeung D.Y., Ding Y.X.* Host-based intrusion detection using dynamic and static behavioral models, *Pattern Recognition*. – 2003. – № 36. – С. 229-243.
- 2 *Ковалев С.М.* Упреждающее распознавание нечетких темпоральных паттернов в потоковых данных // Тринадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2012: Тр. конференции. Т. 2. – М.: Физматлит, 2012. – С. 313-322.
- 3 *Курейчик В.В., Курейчик В.М., Сороколетов П.В.* Анализ и обзор моделей эволюции. *Известия РАН // Теория и системы управления*. – 2007. – № 5.
- 4 *Sutton R.* Learning to predict by the method of temporal differences // *Machine Learning*. – 1988. – № 3 (1). – С. 9-44.
- 5 *Малинейкий Г.Г., Потапов А.Б.* Русла и джокеры: о новых методах прогноза поведения сложных систем // Препринт ИМП ИИ. им. М.В. Келдыша РАН. 2001.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.Н. Шабельников.

Ковалев Сергей Михайлович – Ростовский государственный университет путей сообщения; e-mail: ksm@real36.com; 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2, г; тел.: 89612687722; д.т.н.; профессор кафедры автоматизации и телемеханики на ж. д. транспорте.

Kovalev Sergey Mihailovich – Rostov State University of Transport; e-mail: ksm@real36.com; 2, g, pl. Rostov Rifle Regiment of the People's Militia, Rostov-on-Don, 344038, Russia; phone: +79612687722; dr. of eng. sc.; professor the department of automation and remote control at the railway on transport.

УДК 681.3

Ю.О. Чернышев, Н.Н. Венцов, С.А. Мухтаров

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИК ЛУКАСЕВИЧА И ЗАДЕ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ
МЕТОДА ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ОТБОРА***

Описан метод отрицательного отбора. Приведен пример использования метода отрицательного отбора для анализа процесса передачи данных. Проанализирована целесообразность использования операций импликации и эквивалентности на основе логик Лукасевича и Заде при нечетком анализе информационных процессов. Приведены примеры сравнения декодера, описывающего критическое состояние процесса передачи данных, с кортежами описывающими текущее состояние процесса передачи данных при помощи операций импликации и эквивалентности. Установлено что для поставленной задачи анализа процессов передачи данных применение операции импликации является более предпочтительным. При выполнении операции импликации целесообразно использовать как логику Лукасевича так и логику Заде.

Вычислительные ресурсы; отрицательный отбор; интеллектуальные системы; оптимизация.

Yu.O. Chernyshev, N.N. Vencov, S.A. Mukhtarov

**APPLICATION LOGICS LUKASIEWICZ AND ZADEH IN THE METHOD
OF ADVERSE SELECTION***

The paper describes a method of adverse selection. An example using the method of adverse selection for the analysis of the data transfer process. Analyzed the implications of the use of operations and equivalence based on the logics of lukasiewicz and Zade when fuzzy analysis of informational processes. Examples of comparison decoder, describing the critical state of the data

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты: 12-01-00474, 13-01-00343).

transfer process with tuples describing the current status of data transmission by operations implications and equivalence. It is established that the task of the analysis of processes of data transmission on the application implication is preferable. When you perform an operation implications can be used as logic lukasiewicz and logic Zade.

Computing resources; adverse selection; intelligent systems; optimization.

Понятие искусственной иммунной системы. Современные системы поддержки принятия решений должны функционировать в неопределенных и нечетких условиях [1]. По этой причине одной из активно исследуемых адаптивных биологических структур является иммунная система. Основная роль иммунной системы заключается в распознавании всех клеток (или молекул) организма и классификации их как «своих» или «чужих» [2, 5].

Форрест С. (*Forrest S.*) и Дасгупта Д. (*Dasgupta D.*) предложили алгоритм отрицательного отбора для обнаружения изменений, построенный на основе принципов распознавания своего и чужого в системе иммунитета. Этот подход можно формализовать следующим образом [2, 3]:

- ◆ определяется «свое» как совокупность S строк длины над конечным алфавитом, которую необходимо защищать или контролировать. Например, в качестве S могут выступать программа, файл данных или нормальная форма активности;
- ◆ образуется набор детекторов R , каждый из которых не должен соответствовать любой строке в S . Вместо точного или идеального соответствия может использоваться правило частичного соответствия;
- ◆ проверяется S на предмет изменений путем непрерывного сравнения детекторов из R с элементами S . Если хотя бы один из детекторов окажется соответствующим, значит произошло изменение, поскольку детекторы по определению отобраны так, чтобы не соответствовать любой строке из S .

При анализе систем передачи данных примеры чужеродного состояния системы могут быть заданы в виде характеристик вычислительного процесса при которых своевременное выполнение некоторого класса запросов маловероятно. При этом, с целью ускорения работы иммунной системы, можно выбрать один наиболее подходящий, например, по мнению экспертов, декодер. В соответствии с примером определения степени принадлежности элемента нечеткому множеству, определим наиболее приемлемую величину задержки процесса передачи данных на роль детектора [7]. Пусть заданы значения абсолютных задержек передачи данных $X=\{0,05; 0,09; 0,13; 0,17\}$ и требуется определить нечеткое множество, формализующее выражение «максимально допустимая величина задержки передачи результатов выполнения запроса». Пусть $n_1(j)$ – количество экспертов согласных с утверждением, а $n_2(j)$ – несогласных. Результаты опроса 7 экспертов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты опросов экспертов

	0,05	0,09	0,12	0,17
$n_1(j)$	0	2	6	7
$n_2(j)$	7	5	1	0

На основании опроса экспертов по аналогии с [7, 8] запишем формулу:

$$\mu_j(x) = n_1(j) / (n_1(j) + n_2(j)), \quad (1)$$

где $\mu_j(x)$ – степень соответствия значения x заданному нечеткому выражению, применительно к запросу j .

В соответствии с формулой (1) определим: $\mu_j(0,05)=0/(0+7)=0$; $\mu_j(0,09)=2/(2+5)\approx 0,285$; $\mu_j(0,12)=6/(6+1)\approx 0,857$; $\mu_j(0,17)=7/(7+0)=1$. Таким образом, в качестве порогового значения целесообразно выбрать 0,12 или 0,17 так они имеют достаточно высокие степени принадлежности.

Оперативный режим подразумевает функционирование настроенной иммунной системы, анализирующей ранее неизвестные массивы данных [2]. На данном этапе с целью ускорения анализа могут применяться алгоритмы усреднения, выявления экстремумов и другие эвристические подходы, минимизирующие в перспективе пространственные и вычислительные ресурсы искусственной иммунной системы. Каждую запись конвертированного информационного массива необходимо проверить на совпадение с каждым детектором из множества R . В данном случае проверка на совпадение, как правило, заключается не в выявлении абсолютного арифметического или лексико-графического равенства, а в определении некоторой недопустимой близости элементов из R и S , либо их относительного друг от друга расположения.

Анализ целесообразности применения операции импликации на основе логик Лукасевича и Заде при реализации механизма отрицательного отбора. Множество S и элементы множества R можно трактовать как нечеткие множества, по этой причине в качестве меры близости между множеством и элементами множеств образующих R , можно использовать операции, определяющие степень включения и эквивалентности нечетких множеств [7].

Степень включения множества \hat{A}_1 в \hat{A}_2 называется величина:

$$v(\hat{A}_1, \hat{A}_2) = \&(\mu_{A_1}(x) \rightarrow \mu_{A_2}(x)), \forall x \in X. \quad (2)$$

Операция \rightarrow называется импликацией и определяется в соответствии с логикой Лукасевича как [7]:

$$\mu_{A_1}(x) \rightarrow \mu_{A_2}(x) = 1 \& (1 - \mu_{A_1}(x) + \mu_{A_2}(x)), \quad (3)$$

или в соответствии с логикой Л. Заде как [7]:

$$\mu_{A_1}(x) \rightarrow \mu_{A_2}(x) = (1 - \mu_{A_1}(x)) \vee \mu_{A_2}(x). \quad (4)$$

В рассматриваемом случае в качестве μ_{A_1} это элементы кортежа MR , а $\mu_{A_2}(x)$ элементы одного из кортежей, входящих в R .

Предположим, что сеанс передачи данных состоит из трех подзапросов, результаты выполнения которых передаются по различным каналам связи. Пусть на основе сформированных, при помощи формулы (1), экспертных оценок, определён детектор $R_1 = \langle 0, 12; 0, 6; 0, 9 \rangle$, каждый элемент которого определяет максимально допустимую величину задержки передачи результатов выполнения запроса. Проанализируем возможность использования операции эквивалентности на основе логики Лукасевича и Л. Заде в качестве способа сравнения текущих показателей сетевых перегрузок с детектором. Пусть в моменты времени $t_1 - t_6$ показатели задержки выполнения запросов $j_1 - j_3$ описываются следующими кортежами: $S(t_1) = \langle 0, 08; 0; 0 \rangle$, $S(t_2) = \langle 0, 1; 0; 0 \rangle$, $S(t_3) = \langle 0, 15; 0; 0 \rangle$, $S(t_4) = \langle 0, 2; 0; 0 \rangle$, $S(t_5) = \langle 0, 89; 0; 0 \rangle$, $S(t_6) = \langle 0, 93; 0; 0 \rangle$. То есть с задержкой передаются только данные, являющиеся результатами выполнения запроса j_1 , а данные являющиеся результатом выполнения запросов j_2 и j_3 передаются без задержек. Определим степени включения кортежей $S(t_1) - S(t_6)$ в кортеж-детектор R_1 .

Степень включения $S(t_1)$ в R_1 определяется, как конъюнкция импликант:

$$v(S(t_1), R_1) = (0, 08 \rightarrow 0, 12) \& (0 \rightarrow 0, 6) \& (0 \rightarrow 0, 9).$$

В соответствии с формулой (3) в контексте логики Лукасевича, вычислим степень включения (vL) нечеткого кортежа $S(t_1)$ в нечеткий кортеж R_1 :

$$vL(S(t_1), R_1) = (0, 08 \rightarrow 0, 12) \& (0 \rightarrow 0, 6) \& (0 \rightarrow 0, 9) = [1 \& (1 - 0, 08 + 0, 12)] \& [1 \& (1 - 0 + 0, 6)] \& [1 \& (1 - 0 + 0, 9)] = [1 \& 1] \& [1 \& 1] \& [1 \& 1] = 1.$$

В соответствии с формулой (4), в контексте логики Л. Заде, вычислим степень включения (vZ) нечеткого кортежа $S(t_1)$ в нечеткий кортеж R_1 :

$$vZ(S(t_1), R_1) = (0, 08 \rightarrow 0, 12) \& (0 \rightarrow 0, 6) \& (0 \rightarrow 0, 9) = [(1 - 0, 08) \vee 0, 12] \& [(1 - 0) \vee 0, 6] \& [(1 - 0) \vee 0, 9] = 0, 92 \& 1 \& 1 = 0, 92.$$

По аналогии вычислим $vL(S(t_2), R_1)$ и $vZ(S(t_2), R_1)$:

$$v(S(t_2), R_1) = (0, 1 \rightarrow 0, 12) \& (0 \rightarrow 0, 6) \& (0 \rightarrow 0, 9);$$

$$vL(S(t_2), R_1) = (0, 1 \rightarrow 0, 12) \& (0 \rightarrow 0, 6) \& (0 \rightarrow 0, 9) = [1 \& (1-0, 1+0, 12)] \& [1 \& (1-0+0, 6)] \& [1 \& (1-0+0, 9)] = [1 \& 1] \& [1 \& 1] \& [1 \& 1] = 1.$$

$$vZ(S(t_2), R_1) = (0, 1 \rightarrow 0, 12) \& (0 \rightarrow 0, 6) \& (0 \rightarrow 0, 9) = [(1-0, 1) \vee 0, 12] \& [(1-0) \vee 0, 6] \& [(1-0) \vee 0, 9] = 0,92 \& 1 \& 1 = 0,90.$$

Анализируя значения $vL(S(t_1), R_1)$, $vZ(S(t_1), R_1)$, $vL(S(t_2), R_1)$, $vZ(S(t_2), R_1)$ можно сделать следующие заключения: кортежи $S(t_1)$ и $S(t_2)$ описывают допустимые перегрузки каналов связи задействованных в выполнении запросов j_1-j_3 . Для данных кортежей степень включения по Лукасевичу равна 1. В соответствии с логикой Л. Заде $vZ(S(t_1), R_1) = 0,92$ и $vZ(S(t_2), R_1) = 0,90$. Таким образом, при приближении параметров задержки к критическому уровню степень включения исчисляемая по логике Л. Заде уменьшается. Обозначим текущую задержку выполнения первого запроса через σ_1 , а допустимую через ζ_1 . В случае, если $\sigma_1 = \zeta_1$, то $vZ(S(t), R_1) = (1 - \zeta_1)$, т.е., если $vZ(S(t), R_1) < (1 - \zeta_1)$, то текущие показатели сетевой активности не превосходят предельные, описанные в детекторе, а если $vZ(S(t), R_1) > (1 - \zeta_1)$, то превосходят.

Из табл. 2 и приведенных выше результатов экспериментов можно предположить, что в соответствии с логикой Лукасевича, если $vL(S(t), R_1) = 1$, то результаты запросов передаются по каналам связи без существенных задержек. В этом случае возможно принятие мер профилактического характера не влияющих на работу сети в целом. В качестве альтернативного критерия допустимости текущих задержек передачи данных можно использовать критерий, основанный на логике Заде, если $vZ(S(t), R_1) < (1 - \zeta_1)$, то текущие показатели сетевой активности не превосходят предельные, описанные в детекторе, а если $vZ(S(t), R_1) > (1 - \zeta_1)$, то превосходят. При этом в случае, если $vZ(S(t), R_1) < (1 - \zeta_1)$, то разность $((1 - \zeta_1) - vZ(S(t), R_1))$ показывает – на сколько фактические показатели задержек передачи данных близки к предельно допустимым.

Таблица 2

Степени включения

№	Детектор	Анализируемая активность $S(t)$	$vL(S(t), R_1)$	$vZ(S(t), R_1)$
1	$R_1 = \langle 0, 12; 0, 6; 0, 9 \rangle$	$S(t_1) = \langle 0, 08; 0; 0 \rangle$	$vL(S(t_1), R_1) = 1$	$vZ(S(t_1), R_1) = 0,92$
2		$S(t_2) = \langle 0, 1; 0; 0 \rangle$	$vL(S(t_2), R_1) = 1$	$vZ(S(t_2), R_1) = 0,90$
3		$S(t_3) = \langle 0, 15; 0; 0 \rangle$	$vL(S(t_3), R_1) = 0,97$	$vZ(S(t_3), R_1) = 0,85$
4		$S(t_4) = \langle 0, 2; 0; 0 \rangle$	$vL(S(t_4), R_1) = 0,92$	$vZ(S(t_4), R_1) = 0,8$
5		$S(t_5) = \langle 0, 89; 0; 0 \rangle$	$vL(S(t_5), R_1) = 0,23$	$vZ(S(t_5), R_1) = 0,12$
6		$S(t_6) = \langle 0, 93; 0; 0 \rangle$	$vL(S(t_6), R_1) = 0,19$	$vZ(S(t_6), R_1) = 0,12$

Анализ целесообразности применения операции эквивалентности на основе логик Лукасевича и Заде при реализации механизма отрицательного отбора. В качестве возможной альтернативы операции включения рассмотрим операцию эквивалентности, которая определяется в виде [7]:

$$\tilde{A}_1 \leftrightarrow \tilde{A}_2 = (\mu_{A_1}(x) \rightarrow \mu_{A_2}(x) \& \mu_{A_2}(x) \rightarrow \mu_{A_1}(x)). \tag{5}$$

Таким образом, $\tilde{A}_1 \leftrightarrow \tilde{A}_2 = v(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2) \& v(\tilde{A}_2, \tilde{A}_1)$.

Если трактовать операцию эквивалентности в соответствии с логикой Лукасевича, то:

$$L(\tilde{A}_1 \leftrightarrow \tilde{A}_2) = vL(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2) \& vL(\tilde{A}_2, \tilde{A}_1), \tag{6}$$

где $vL(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2) = [1 \& (1 - \mu_{A_1}(x) + \mu_{A_2}(x))]$ и $vL(\tilde{A}_2, \tilde{A}_1) = [1 \& (1 - \mu_{A_2}(x) + \mu_{A_1}(x))]$ если, в соответствии с логикой Л. Заде, то:

$$Z(\tilde{A}_1 \leftrightarrow \tilde{A}_2) = vZ(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2) \& vZ(\tilde{A}_2, \tilde{A}_1), \tag{7}$$

где $vZ(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2) = [(1 - \mu_{A_1}(x)) \vee \mu_{A_2}(x)]$ и $vZ(\tilde{A}_2, \tilde{A}_1) = [(1 - \mu_{A_2}(x)) \vee \mu_{A_1}(x)]$.

На примере ранее сформированных детектора $R_1 = \langle 0,12;0,6;0,9 \rangle$, а также показателей задержки выполнения запросов j_1-j_3 в моменты времени t_1-t_6 – $S(t_1) = \langle 0,08;0;0 \rangle$, $S(t_2) = \langle 0,1;0;0 \rangle$, $S(t_3) = \langle 0,15;0;0 \rangle$, $S(t_4) = \langle 0,2;0;0 \rangle$, $S(t_5) = \langle 0,89;0;0 \rangle$, $S(t_6) = \langle 0,93;0;0 \rangle$ определим целесообразность применения операции эквивалентности как численного критерия схожести при реализации алгоритма отрицательного отбора. При вычислении результата операции эквивалентности операцию её, как на основе логики Лукасевича, так и на основании логики Л. Заде.

Определим степени включения кортежа детектора R_1 в кортежи $S(t_1)-S(t_6)$ на основе логики Лукасевича:

$$\begin{aligned} vL(R_1, S(t_1)) &= (0,12 \rightarrow 0,08) \& (0,6 \rightarrow 0) \& (0,9 \rightarrow 0) = [1 \& 0,96] \& [1 \& 0,4] \& [1 \& 0,1] = 0,1. \\ vL(R_1, S(t_2)) &= (0,12 \rightarrow 0,1) \& (0,6 \rightarrow 0) \& (0,9 \rightarrow 0) = [1 \& 0,98] \& [1 \& 0,4] \& [1 \& 0,1] = 0,1. \\ vL(R_1, S(t_3)) &= (0,12 \rightarrow 0,15) \& (0,6 \rightarrow 0) \& (0,9 \rightarrow 0) = [1 \& 1,03] \& [1 \& 0,4] \& [1 \& 0,1] = 0,1. \\ vL(R_1, S(t_4)) &= (0,12 \rightarrow 0,2) \& (0,6 \rightarrow 0) \& (0,9 \rightarrow 0) = [1 \& 1,08] \& [1 \& 0,4] \& [1 \& 0,1] = 0,1. \\ vL(R_1, S(t_5)) &= (0,12 \rightarrow 0,89) \& (0,6 \rightarrow 0) \& (0,9 \rightarrow 0) = [1 \& 1,77] \& [1 \& 0,4] \& [1 \& 0,1] = 0,1. \\ vL(R_1, S(t_6)) &= (0,12 \rightarrow 0,93) \& (0,6 \rightarrow 0) \& (0,9 \rightarrow 0) = [1 \& 1,81] \& [1 \& 0,4] \& [1 \& 0,1] = 0,1. \end{aligned}$$

Ранее были определены степени включения, на основе логики Лукасевича, кортежей $S(t_1)-S(t_6)$ в кортеж детектор R_1 :

$$\begin{aligned} vL(S(t_1), R_1) &= (0,08 \rightarrow 0,12) \& (0 \rightarrow 0,6) \& (0 \rightarrow 0,9) = 1. \\ vL(S(t_2), R_1) &= (0,1 \rightarrow 0,12) \& (0 \rightarrow 0,6) \& (0 \rightarrow 0,9) = 1. \\ vL(S(t_3), R_1) &= (0,15 \rightarrow 0,12) \& (0 \rightarrow 0,6) \& (0 \rightarrow 0,9) = 0,97. \\ vL(S(t_4), R_1) &= (0,2 \rightarrow 0,12) \& (0 \rightarrow 0,6) \& (0 \rightarrow 0,9) = 0,92. \\ vL(S(t_5), R_1) &= (0,89 \rightarrow 0,12) \& (0 \rightarrow 0,6) \& (0 \rightarrow 0,9) = 0,23. \\ vL(S(t_6), R_1) &= (0,93 \rightarrow 0,12) \& (0 \rightarrow 0,6) \& (0 \rightarrow 0,9) = 0,19. \end{aligned}$$

На основе вычисленных импликации по Лукасевичу определим эквивалентность кортежей:

$$\begin{aligned} L(R_1 \leftrightarrow S(t_1)) &= vL(R_1, S(t_1)) \& vL(S(t_1), R_1) = 0,1 \& 1 = 0,1. \\ L(R_1 \leftrightarrow S(t_2)) &= vL(R_1, S(t_2)) \& vL(S(t_2), R_1) = 0,1 \& 1 = 0,1. \\ L(R_1 \leftrightarrow S(t_3)) &= vL(R_1, S(t_3)) \& vL(S(t_3), R_1) = 0,1 \& 0,97 = 0,1. \\ L(R_1 \leftrightarrow S(t_4)) &= vL(R_1, S(t_4)) \& vL(S(t_4), R_1) = 0,1 \& 0,92 = 0,1. \\ L(R_1 \leftrightarrow S(t_5)) &= vL(R_1, S(t_5)) \& vL(S(t_5), R_1) = 0,1 \& 0,23 = 0,1. \\ L(R_1 \leftrightarrow S(t_6)) &= vL(R_1, S(t_6)) \& vL(S(t_6), R_1) = 0,1 \& 0,19 = 0,1. \end{aligned}$$

Таким образом, эквивалентность на основе импликации по Лукасевичу не позволяет оценить взаимное расположение кортежей.

Покажем вычисление операции эквивалентности на основе логики Заде. Ранее были вычислены степени включения кортежей $S(t_1)-S(t_6)$ в кортеж детектор R_1 :

$$\begin{aligned} vZ(S(t_1), R_1) &= (0,08 \rightarrow 0,12) \& (0 \rightarrow 0,6) \& (0 \rightarrow 0,9) = 0,92 \& 1 \& 1 = 0,92. \\ vZ(S(t_2), R_1) &= (0,1 \rightarrow 0,12) \& (0 \rightarrow 0,6) \& (0 \rightarrow 0,9) = 0,92 \& 1 \& 1 = 0,90. \\ vZ(S(t_3), R_1) &= (0,15 \rightarrow 0,12) \& (0 \rightarrow 0,6) \& (0 \rightarrow 0,9) = 0,85 \& 1 \& 1 = 0,85. \\ vZ(S(t_4), R_1) &= (0,2 \rightarrow 0,12) \& (0 \rightarrow 0,6) \& (0 \rightarrow 0,9) = 0,8 \& 1 \& 1 = 0,8. \\ vZ(S(t_5), R_1) &= (0,89 \rightarrow 0,12) \& (0 \rightarrow 0,6) \& (0 \rightarrow 0,9) = 0,12 \& 1 \& 1 = 0,12. \\ vZ(S(t_6), R_1) &= (0,93 \rightarrow 0,12) \& (0 \rightarrow 0,6) \& (0 \rightarrow 0,9) = 0,12 \& 1 \& 1 = 0,12. \end{aligned}$$

Вычислим степени включения кортежа детектора R_1 в кортежи $S(t_1)-S(t_6)$.

$$\begin{aligned} vZ(R_1, S(t_1)) &= (0,12 \rightarrow 0,08) \& (0,6 \rightarrow 0) \& (0,9 \rightarrow 0) = 0,88 \& 0,4 \& 0,1 = 0,1. \\ vZ(R_1, S(t_2)) &= (0,12 \rightarrow 0,1) \& (0,6 \rightarrow 0) \& (0,9 \rightarrow 0) = 0,88 \& 0,4 \& 0,1 = 0,1. \\ vZ(R_2, S(t_3)) &= (0,12 \rightarrow 0,15) \& (0,6 \rightarrow 0) \& (0,9 \rightarrow 0) = 0,88 \& 0,4 \& 0,1 = 0,1. \\ vZ(R_2, S(t_4)) &= (0,12 \rightarrow 0,2) \& (0,6 \rightarrow 0) \& (0,9 \rightarrow 0) = 0,88 \& 0,4 \& 0,1 = 0,1. \\ vZ(R_2, S(t_5)) &= (0,12 \rightarrow 0,2) \& (0,6 \rightarrow 0) \& (0,9 \rightarrow 0) = 0,88 \& 0,4 \& 0,1 = 0,1. \\ vZ(R_2, S(t_5)) &= (0,12 \rightarrow 0,89) \& (0,6 \rightarrow 0) \& (0,9 \rightarrow 0) = 0,89 \& 0,4 \& 0,1 = 0,1. \\ vZ(R_2, S(t_6)) &= (0,12 \rightarrow 0,93) \& (0,6 \rightarrow 0) \& (0,9 \rightarrow 0) = 0,93 \& 0,4 \& 0,1 = 0,1. \end{aligned}$$

Определим эквивалентность кортежа детектора R_1 с кортежами $S(t_1)-S(t_6)$:

$$L(R_1 \leftrightarrow S(t_1)) = vZ(R_1, S(t_1)) \& vZ(S(t_1), R_1) = 0,1 \& 0,92 = 0,1.$$

$$L(R_1 \leftrightarrow S(t_2)) = vL(R_1, S(t_2)) \& vL(S(t_2), R_1) = 0,1 \& 0,9 = 0,1.$$

$$L(R_1 \leftrightarrow S(t_3)) = vL(R_1, S(t_3)) \& vL(S(t_3), R_1) = 0,1 \& 0,85 = 0,1.$$

$$L(R_1 \leftrightarrow S(t_4)) = vL(R_1, S(t_4)) \& vL(S(t_4), R_1) = 0,1 \& 0,8 = 0,1.$$

$$L(R_1 \leftrightarrow S(t_5)) = vL(R_1, S(t_5)) \& vL(S(t_5), R_1) = 0,1 \& 0,12 = 0,1.$$

$$L(R_1 \leftrightarrow S(t_6)) = vL(R_1, S(t_6)) \& vL(S(t_6), R_1) = 0,1 \& 0,12 = 0,1.$$

Из полученных выше результатов следует, что использование операции эквивалентности для определения взаимного расположения декодера и анализируемого кортежа не целесообразно.

Заключение. Проведен сравнительный анализ подходов к построению алгоритма отрицательного отбора на основе операций эквивалентности и включения нечетких множеств. Установлено, что наиболее целесообразно, в качестве способа сравнения текущих показателей сетевой активности с декодером, использовать операцию нахождения степени включения анализируемого кортежа в декодер. В предложенном алгоритме отрицательного отбора возможно использование вычисления импликант, как на основе логики Лукасевича, так и на основе логики Заде. Использование логики Лукасевича позволяет определить факт превышения критически допустимых показателей, а также, в определенных пределах, величину превышения показателей. Применение логики Заде позволяет определить степень приближения к критическим значениям, а так же факт и степень превышения допустимых значений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курейчик В.М. Особенности построения систем поддержки принятия решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 7 (132). – С. 92-98.
2. Искусственные иммунные системы и их применение / Под ред. Д. Дасгупты: Пер. с англ. Под ред. А.А. Романюхи. – М.: Физматлит, 2006. – 344 с.
3. Dasgupta D., Forrest S. Novelty Detection in Time Series Data using Ideas from Immunology. Fifth International Conference on Intelligent Systems. Reno, Nevada: June, 1996
4. Calenburr V., Bersini Я., Varela F.J., Stewart J. The impact of the structure of the connectivity matrix on the dynamics of a simple model for the immune network // Proc. 1st Copenhagen Symp. on Computer Simulation in Biology, Ecology and Medicine (Ed. E. Mosekilde). 1993. – P. 41-45.
5. Celada F., Seiden P.E. Modeling immune cognition // Proc. IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics, October 11-14, 1998.
6. Chowdhury D., Chakrabarti B.K. Robustness of the network models of immune response // Physica A. – 1990. – Vol. 167. – P. 635.
7. Малышев Н.Г., Берштейн Л.С., Боженьюк А.В. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 136 с.
8. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Крумберг О.А. и др. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной. – Рига: Зинатне, 1982.
9. Курейчик В.М., Кажаров А.А. Использование роевого интеллекта в решении NP-трудных задач // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (120). – С. 30-36.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Б.К. Лебедев.

Чернышев Юрий Олегович – Донской государственный технический университет; e-mail: myvnn@list.ru; 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1; тел.: 88632738582, кафедра автоматизации производственных процессов; профессор.

Венцов Николай Николаевич – e-mail: vencov@list.ru; кафедра информационных технологий; доцент.

Мухтаров Сергей Артурович – Филиал Военной академии связи (г. Краснодар); e-mail: samucht@list.ru; 350035, г. Краснодар, ул. Красина, 4; соискатель.

Chernyshev Yury Olegovich – Don State Technical University; e-mail: myvnn@list.ru; 1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344000, Russia; phone: +78632738582; the department of automation of productions; professor.

Vencov Nikolay Nikolaevich – e-mail: vencov@list.ru; the department of information technologies; associate professor.

Mukhtarov Sergey Arturovich – Branch of Military academy of communication (Krasnodar); e-mail: samucht@list.ru; 4, Krasina street, Krasnodar, 350035, Russia; competitor.

УДК 002.53:004.89

Ю.А. Кравченко

ИНТЕГРИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ*

Статья посвящена разработке формализованной модели представления разнородных предметных знаний для интеллектуальных обучающих систем в условиях неопределенности. Подробно рассмотрены модели содержательной и тестовой частей разнородных предметных знаний. Состав и структура интегрированной модели разнородных данных описаны на основе нечеткого ориентированного графа. Подобное моделирование позволит уже на стадии проектирования информационной системы избежать возникновения ошибок экспертов при определении критериев оценки компетентности, вариантов индивидуальных траекторий обучения, требований к типам и количеству форм представления знаний и тестовых заданий.

Модель представления разнородных знаний; интеллектуальные обучающие системы; оценка компетентности; системы управления знаниями.

Yu.A. Kravchenko

INTEGRATED MODEL OF KNOWLEDGE REPRESENTATION BASED ON FUZZY MODELING METHOD

The article is devoted to development of formalized representation model for intellectual educational systems knowledge base definition in an uncertain conditions. The content model and test parts of heterogeneous domain knowledge were considered in detail. The composition and structure of heterogeneous data integrated model were described on the basis of fuzzy directed graph. Such modeling will enable at the design stage of the information knowledge management system to avoid errors of experts in determining the evaluation criterions of competence, the options of individual training trajectories, requirements for the types and number of knowledge representation forms and test tasks.

Model of heterogeneous knowledge representation; intelligent educational systems; assessment of competence; knowledge management systems.

Введение. Информационная составляющая содержит в себе закономерности конкретного учебного контента, сочетающие на основе заданных правил знания эксперта в данной предметной области (*разнородные знания*) и о методике обучения (*форма представления знаний*), необходимой для определения способа адаптации предметных знаний к индивидуальным характеристикам обучаемого.

* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 11-07-00064).