

Н.Б. Копытчук, д-р техн. наук,
П.М. Тишин, канд. физ-мат. наук,
К.В. Ботнар, канд. техн. наук.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА РАСПРЕДЕЛЕННУЮ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ

Запропоновано ієрархічну модель впливу зовнішнього середовища, яка побудована з використанням нечіткої темпоральної логіки і нечітких ситуацій, на обчислювальну систему. Побудовано нечіткі бази знань для розрахунку залежностей параметрів обчислювальної системи від параметрів зовнішнього середовища. Наведено приклад використання побудованої моделі.

Предложена иерархическая модель влияния внешней среды на вычислительную систему, построенная с использованием нечеткой темпоральной логики и нечетких ситуаций. Построены нечеткие базы знаний для расчета зависимостей параметров вычислительной системы от параметров внешней среды. Приведен пример применения построенной модели.

The hierarchical model of external environment influence on the computer system is offered, built with the fuzzy temporal logic and fuzzy situations use. The fuzzy knowledge bases are built for the calculation of computer system parameters from the external environment parameters dependences. The example of the built model application is resulted.

При решении задач, связанных с проектированием, модернизацией или оптимизацией функционирования распределенных вычислительных систем (РВС), большое значение имеет учет влияния окружающей среды (ОС) на функционирование РВС. Основной проблемой при описании ОС является формализованное представление множества разнородных факторов ОС и формализация механизма влияния этих факторов на параметры РВС.

В большинстве случаев описать данное влияние, как и сами факторы, с помощью количественных и четко определенных параметров и функций не представляется возможным. Кроме того, сам вид зависимостей параметров рассматриваемых РВС от параметров ОС, часто достаточно неопределенный и может быть описан только исходя из экспертных оценок или приближенных рассуждений специалистов в рассматриваемой области. Подобные проблемы приводят к необходимости использовать математический аппарат, который дает возможность учитывать неопределенность и качественный характер исходных данных.

Таким математическим аппаратом является предложенный Л.Заде аппарат теории нечетких множеств.

Целью представленной работы является построение в некотором общем виде формализованного описания зависимости параметров РВС от различного рода факторов ОС с использованием аппарата теории нечетких множеств.

Отметим, что параметры ОС в большой степени гетерогенны. Поэтому логичным представляется разделить их на группы, исходя из природы их связи с параметрами РВС. Это значит, что целесообразно ввести агрегированные показатели для параметров ОС, значения которых будут зависеть от исходного набора параметров.

Введем в рассмотрение агрегированные показатели, характеризующие группы параметров ОС, которые обозначим через Ψ_i , $i=1..m$. Значение каждого показателя зависит от соответствующего ему множества параметров ОС:

$$\Psi_i = H_i(\psi_1^i, \dots, \psi_{n_i}^i), \quad (1)$$

где n_i – мощность множества параметров i -го агрегированного показателя Ψ_i , а

$H_i(\psi_1^1, \dots, \psi_{n_i}^1)$ – некоторые нечеткие функции.

Под нечеткой функцией будем понимать четкое отображение из пространства нечетких значений параметров в пространство нечетких значений показателя.

Общая структура иерархии параметров ОС представлена на рисунке.

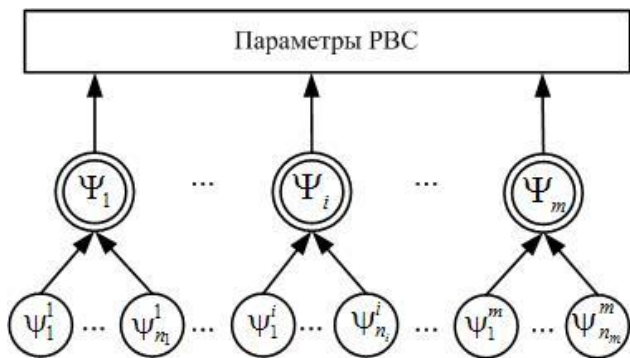


Рисунок. Обобщенное дерево параметров ОС

Каждый показатель Ψ_i отображает влияние некоторой группы схожих по природе или по характеру воздействия параметров ОС и описывается лингвистической переменной (ЛП) с терм-множеством значений {«Сильно Уменьшает» (СУМ), «Уменьшает» (УМ), «Не Влияет» (НВ), «Увеличивает» (УВ), «Сильно Увеличивает» (СУВ)}. Термы ЛП Ψ_i описывают влияние рассматриваемого показателя на значения параметров РВС.

Для построения функций H_i можно использовать разные методы, выбор которых зависит от природы воздействия конкретных факторов ОС. Например, зависимость агрегированного показателя Ψ_i от множества параметров $\{\psi_j^i\}_{j=1}^{n_i}$ можно построить на основе базы продукционных правил, как это описано в [1]. Тогда нечеткая функция H_i будет иметь вид:

если $\psi_1^i = T_{1,k,1}^{i,CYМ}$ и...и $\psi_{n_i}^i = T_{n_i,k,1}^{i,CYМ}$

или ... или

$\psi_1^i = T_{1,k,h_1}^{i,CYМ}$ и...и $\psi_{n_i}^i = T_{n_i,k,h_1}^{i,CYМ}$,

то $\Psi_i = СУМ$;

...

если $\psi_1^i = T_{1,k,1}^{i,CYВ}$ и...и $\psi_{n_i}^i = T_{n_i,k,1}^{i,CYВ}$

или...или

$\psi_1^i = T_{1,k,h_5}^{i,CYВ}$ и...и $\psi_{n_i}^i = T_{n_i,k,h_5}^{i,CYВ}$,

то $\Psi_i = СУВ$;

(2)

где $T_{j,k,h}^{i,L}$ – k -й терм j -го параметра в правиле h для L -го термина показателя Ψ_i , причем $L \in \{СУМ, УМ, НВ, УВ, СУВ\}$; h_k – номер правила для определения k -го термина показателя Ψ_i ; $k = 1..5$ – номер термина ЛП.

Подобное построение рассматриваемых нечетких функций возможно при наличии экспертных оценок или на основе анализа статистических данных. Если для обеспечения достаточной степени достоверности построенной базы знаний таковых не имеется, то функции H_i можно описать с помощью свертки значений параметров ОС с учетом силы влияния каждого из них на параметры РВС [5]:

$$\Psi_i = T_i^z \Leftrightarrow \mu_i^z = \max_{k=1..5}(\mu_i^k),$$

$$\mu_i^k = \sum_{j=1}^{n_i} r_j^i \mu_j^k;$$

(3)

где T_i^z – z -й терм, который определяет нечеткое значение i -го агрегированного показателя; μ_i^z – функция принадлежности к z -му терму i -го агрегированного показателя; r_j^i – ранг j -го параметра i -го показателя; μ_j^k – функция принадлежности j -го параметра к k -му терму; μ_i^k – функция принадлежности i -го агрегированного показателя к k -му терму.

Сила влияния каждого из параметров ψ_j^i в (3) задается рангом r_j^i . Если влияние параметров ОС неодинаково, но при этом более чем о порядке параметров по силе воздействия ничего не известно, то для определения рангов параметров имеет смысл применить правило Фишберна [5], которое дает возможность принимать наилучшее решение в наихудшей информационной обстановке. Для применения правила Фишберна параметры должны быть упорядочены по мере уменьшения их влияния на функционирование рассматриваемой РВС:

$$r_1^i > r_2^i > \dots > r_{n_i}^i. \quad (4)$$

Тогда значение ранга j -го параметра i -го показателя ОС можно получить, используя выражение

$$r_j^i = \frac{2(n_i - j + 1)}{n_i(n_i + 1)}, \quad (5)$$

где n_i – количество параметров, от которых зависит значение i -го показателя.

Рассчитав ранги каждого из параметров ψ_j^i по формуле (5) и применив соотношения (3), можно найти нечеткое значение агрегированных показателей, отображающих влияние ОС на параметры рассматриваемой РВС.

Кроме статических факторов, влияющих на параметры РВС, следует рассмотреть и такие факторы, которые определяются некоторыми событиями, протекающими в определенный промежуток времени. Для описания воздействия событий, которые могут происходить в ОС, введем следующие определения.

Определение 1: Числовым временным рядом (ВР) называется множество упорядоченных временных отсчетов вместе с соответствующими им числовыми значениями:

$$Y = \{(y_i, t_i) / i \in N, y_i \in R, t_i \in T\}, \quad (6)$$

где R – множество действительных чисел, характеризующих числовые значения ВР в дискретные моменты времени t_i ; T – дискретная временная шкала.

С помощью временного ряда можно отображать статистику значений некоторых параметров исследуемых объектов. Анализ ВР дает возможность выяснять характер зависимости значений необходимого параметра от некоторых воздействующих на него факторов.

Определение 2: Временным интервалом или темпором называется пара $[t_s, t_e] \in T^2$, в которой $s \leq e (s, e \in N)$.

Будем обозначать через $Q = \{q_i\}, i = 1..N_Q$ множество признаков, характеризующих обобщенные свойства ВР Y , проявляемые на его отдельных фрагментах. Такие признаки позволяют описывать некоторые события, которые происходят в ОС и воздействие которых отображается на значе-

ниях ВР. Очевидно, что большинство событий достаточно сложно описать с помощью четких временных рамок, в связи с чем вводится понятие нечеткого темпорального признака.

Определение 3: Нечетким темпоральным признаком будем называть тройку

$$q_i = \langle h_i, \mu_{q_i}, T_{q_i} \rangle, \quad (7)$$

где h_i – текстовое описание признака, а μ_{q_i} – нечеткая характеристическая функция, отражающая степень выраженности признака q_i на заданном временном интервале T_{q_i} .

Нечеткий темпоральный признак позволяет более адекватно осуществлять описание исследуемых событий, «размывая» их границы начала и конца.

Все нечеткие темпоральные признаки, описываемые на временной оси, находятся в некоторых отношениях один с другим. Нечеткие темпоральные отношения можно описать отношениями Аллена [7], обобщая их на случай нечетких темпоральных признаков. Особенность нечетких темпоральных отношений заключается в том, что одни и те же события могут находиться в нескольких темпоральных отношениях одновременно, имея при этом различную степень истинности:

$$\Phi_{ij} = \langle (q_i \text{rt}_{ij}^* q_j), \mu_{\Phi_{ij}}, T_{\Phi_{ij}} \rangle, \quad (8)$$

где $\Phi_{ij} = q_i \text{rt}_{ij}^* q_j$ – текстовое описание нечеткого отношения между i -м и j -м темпорали, $\mu_{\Phi_{ij}}$ – нечеткая характеристическая функция, $T_{\Phi_{ij}}$ – область определения функции μ_{Φ} . При этом

$$\begin{aligned} \text{rt}_{ij}^* &= \{ \text{rt}_{ij}^k \}, \mu_{\Phi_{ij}} = \bigvee_k \mu_{\text{rt}_{ij}^k}, \\ \text{rt}_{ij}^k &= \langle q_i, q_j, \mu_{\text{rt}_{ij}^k} \rangle, \text{rt}_{ij}^k \in RT, \end{aligned} \quad (9)$$

$$T_{\Phi_{ij}} = T_{q_i} \cup T_{q_j},$$

где RT – семейство отношений Аллена.

Более высокий уровень описания событий представлен нечеткой темпоральной структурой, характеризующей наличие нескольких нечетко-темпоральных отношений между несколькими различными нечеткими темпоральными признаками на заданном временном интервале.

Определение 4: Нечетко-темпоральным образом структуры будем называть тройку вида

$$W = \langle w, \mu_w, T_w \rangle, \quad (10)$$

где w – название структуры, μ_w – нечеткая характеристическая функция, определяемая на области T_w . Область определения и значения функции μ_w рассчитываются на основе выражений

$$\begin{aligned} \mu_w &= \bigwedge_{i,j} \mu_{\varphi_{ij}}, \\ T_w &= \bigcup_i \bigcup_j T_{\varphi_{ij}}. \end{aligned} \quad (11)$$

Таким образом, с помощью нечетких темпоральных структур можно описывать отдельные факты, относящиеся к знаниям о поведении рассматриваемого ВР Y . Каждый факт описывает некоторую событийную обстановку в ОС на рассматриваемом промежутке времени с возможностью учета предшествующих и последующих событий. Например, имея три нечетких темпоральных признака, описанных согласно выражению (7), можно описать факт, который в лингвистической форме записывается примерно следующим образом: «событие q_1 происходит одновременно с событием q_2 , по завершению которого начнется событие q_3 ». Полученная на основе соотношений (7–11) структура w с некоторой функцией принадлежности μ_w будет описывать существование описанного факта в рассматриваемый промежуток времени.

Как одно событие, так и некоторая совокупность событий, находящихся между собой в некоторых отношениях, влияют на те или иные параметры рассматриваемой РВС. Распознать и оценить такое влияние возможно, применяя экспертные оценки. Это значит, что необходимо привлечь экспертов, которые смогут определить уровень влияния некоторой темпоральной структуры w на параметры системы. Кроме того, на оценку результирующего воздействия со стороны событийных параметров будет влиять и характеристическая функция μ_w . Так как влияние происходящих событий описывается ЛП, то на основе имеющегося набора фактов и оценок необходимо определить функции при-

надлежности каждого термина агрегированного показателя Ψ^* , который характеризует влияние событий в ОС на параметры РВС. Под показателем Ψ^* будем подразумевать любой из показателей $\Psi_i, i=1..m$.

Предположим, что на основе экспертной оценки известно, что уровень влияния рассматриваемого факта w на интересующие параметры РВС будет принимать значение некоторого j -го термина T_j^* ЛП Ψ^* . Тогда значения функций принадлежности к каждому терму показателя Ψ^* можно рассчитать по следующим соотношениям:

$$\mu_k^* = \begin{cases} 0, k \neq (j-1)..(j+1); \\ \mu_w, k = j; \\ 0,5(1-\mu_w), k = j-1, j \neq 1; \\ \quad k = j+1, j \neq 5; \\ 1-\mu_w, k = j+1, j = 1; k = j-1, j = \\ k = 1..5. \end{cases} \quad (12)$$

При вычислении влияния факта w с помощью экспертных оценок и соотношения (12) необходимо, чтобы экспертной оценке подверглись все возможные темпоральные структуры, которые можно получить на основе некоторого заданного набора темпоральных признаков. На основе соотношений (7–11) можно рассчитать, что при l заданных темпоральных признаках количество структур будет равно $2^{l(l-1)}$. Отсюда видно, что при $l > 3$ количество темпоральных структур, которые необходимо оценить, резко возрастает. Из этого можно сделать вывод, что описанный подход расчета влияния событий в ОС на параметры системы применим только при малом количестве темпоральных признаков либо при некотором заданном небольшом множестве исследуемых фактов.

Чтобы избежать построения экспертной оценки для большого числа возможных событийных фактов, можно распознавать и оценивать влияние на систему, проводя аналогии с уже имеющимися статистическими данными для данной или некоторой другой схожей системы.

Рассмотрим построение оценки влияния на параметры РВС некоторого факта w , который происходит в рассматриваемый мо-

мент времени t_ξ с некоторой степенью истинности $\mu_w(t_\xi)$. Оценить степень схожести между текущей нечеткой ситуацией $\tilde{s}(t_\xi)$ и теми, что наблюдались ранее $\tilde{s}(t_k), k=1..(\xi-1)$, можно с помощью степени нечеткого равенства или степени нечеткой общности, которые описаны в [4].

Расчет степени нечеткого равенства применим, когда в обеих сравниваемых нечетких ситуациях $\tilde{s}(t_\xi)$ и $\tilde{s}(t_k)$ все наблюдаемые темпоральные признаки совпадают. Если в ситуации $\tilde{s}(t_\xi)$ произошли некоторые события, которые в ситуации $\tilde{s}(t_k)$ не происходили, либо в ситуации $\tilde{s}(t_\xi)$ не учитываются или не происходят те события, которые наблюдались в ситуации $\tilde{s}(t_k)$, то следует рассчитывать степень нечеткой общности, которая является более общим показателем, чем степень нечеткого равенства ситуаций.

Обозначим через $k_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}(t_k))$ степень схожести рассматриваемых ситуаций $\tilde{s}(t_\xi)$ и $\tilde{s}(t_k)$, которая будет равна нечеткой степени равенства или нечеткой степени общности этих ситуаций, в зависимости от того, совпадают темпоральные признаки ситуаций или нет соответственно. Величина $k_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}(t_k))$ принимает значения из отрезка $[0,1]$, причем, чем больше значение, тем ситуации более схожи.

Опишем величину $k_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}(t_k))$ как ЛП с термами {«Разные» (Р), «Почти Разные» (ПР), «Примерно Одинаковые» (ПрО), «Почти Одинаковые» (ПО), «Одинаковые» (О)}, характеризующими уровень схожести ситуаций и соответствующими функциями принадлежности. В этом случае, зная уровень влияния происходящих событий в ситуации $\tilde{s}(t_k)$, можно описать базу знаний, которая будет определять уровень влияния происходящих событий в ситуации $\tilde{s}(t_\xi)$:

$$\begin{aligned} &\text{если } \Psi^*(t_k) = T_{j,1}^{*,\text{СУМ}} \text{ и} \\ &\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}(t_k)) = T_{j,1}^{k_a, \text{О}} \quad (13) \\ &\text{или...или} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\Psi^*(t_k) = T_{j,h_1}^{*,\text{СУМ}} \text{ и} \\ &\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}(t_k)) = T_{j,h_1}^{k_a, \text{О}}, \\ &\text{то } \Psi^*(t_\xi) = \text{СУМ}; \\ &\dots \\ &\text{если } \Psi^*(t_k) = T_{j,1}^{\text{СУВ}} \text{ и} \\ &\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}(t_k)) = T_{j,1}^{k_a, \text{О}} \\ &\text{или...или} \\ &\Psi^*(t_k) = T_{j,h_1}^{*,\text{СУВ}} \text{ и} \\ &\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}(t_k)) = T_{j,h_1}^{k_a, \text{О}}, \\ &\text{то } \Psi^*(t_\xi) = \text{СУВ} \end{aligned}$$

где $T_{j,h}^{*L}$ – j -й терм показателя Ψ^* в момент времени t_k в h -м правиле для L -го терма показателя Ψ^* в момент времени t_ξ , $L \in \{\text{СУМ}, \text{УМ}, \text{НВ}, \text{УВ}, \text{СУВ}\}$ и $h=1..h_j$; $T_{j,h}^{k_a, L}$ – j -й терм величины $\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}(t_k))$ в h -м правиле для L -го терма показателя Ψ^* в момент времени t_ξ , $L \in \{\text{Р}, \text{ПР}, \text{ПрО}, \text{ПО}, \text{О}\}$ и $h=1..h_j$; h_j – номер правила для определения j -го терма показателя Ψ^* в момент времени t_ξ ; $j=1..5$ – номер терма.

База знаний (13) применима при сравнении текущей ситуации и одной из известных, которая более всего походит на рассматриваемую. Когда явно нельзя определить одну наиболее схожую с рассматриваемой ситуацией, возможно проведение анализа на основе набора ситуаций с одинаковыми степенями схожести относительно текущей. Обозначим множество ситуаций, которые наблюдались ранее и с одинаковой степенью похожи на текущую ситуацию, через $\tilde{S} = \{\tilde{s}_k\}_{k=1}^K$. Тогда, обобщая базу знаний (13) на случай сравнения влияния событий на параметры системы в ситуациях \tilde{S} и $\tilde{s}(t_\xi)$, можно записать следующие соотношения:

$$\begin{aligned} &\text{если } \Psi^*(\tilde{s}_1) = T_{1,j,1}^{*,\text{СУМ}} \text{ и} \\ &\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}_1) = T_{1,j,1}^{k_a, \text{О}} \\ &\text{или...или} \quad (14) \\ &\Psi^*(\tilde{s}_1) = T_{1,j,h_1(\tilde{s}_1)}^{*,\text{СУМ}} \text{ и} \\ &\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}_1) = T_{1,j,h_1(\tilde{s}_1)}^{k_a, \text{О}} \end{aligned}$$

или...или

$$\Psi^*(\tilde{s}_K) = T_{K,j,h_1(\tilde{s}_{K-1})+1}^{*,\text{СУМ}} \text{ и}$$

$$\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}_K) = T_{K,j,h_1(\tilde{s}_{K-1})+1}^{k_a, O}$$

или...или

$$\Psi^*(\tilde{s}_K) = T_{K,j,h_1}^{*,\text{СУМ}} \text{ и}$$

$$\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}_K) = T_{K,j,h_1}^{k_a, O},$$

то $\Psi^*(t_\xi) = \text{СУМ}$;

...

если $\Psi^*(\tilde{s}_1) = T_{1,j,1}^{*,\text{СУВ}}$ и

$$\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}_1) = T_{1,j,1}^{k_a, O}$$

или...или

$$\Psi^*(\tilde{s}_1) = T_{1,j,h_5(\tilde{s}_1)}^{*,\text{СУВ}} \text{ и}$$

$$\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}_1) = T_{1,j,h_5(\tilde{s}_1)}^{k_a, O}$$

или...или

$$\Psi^*(\tilde{s}_K) = T_{K,j,h_5(\tilde{s}_{K-1})+1}^{*,\text{СУВ}} \text{ и}$$

$$\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}_K) = T_{K,j,h_5(\tilde{s}_{K-1})+1}^{k_a, O}$$

или...или

$$\Psi^*(\tilde{s}_K) = T_{K,j,h_5}^{*,\text{СУВ}} \text{ и}$$

$$\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi), \tilde{s}_K) = T_{K,j,h_5}^{k_a, O},$$

то $\Psi^*(t_\xi) = \text{СУВ}$;

где $h_j(\tilde{s}_k)$ – номер правила для j -го терма показателя Ψ^* в момент времени t_ξ и k -й сравниваемой ситуации, $k = 1..K$.

Базы продукционных правил (13) и (14) позволяют оценить уровень влияния некоторой совокупности событий, происходящих в ОС, на параметры рассматриваемой РВС на основе анализа статистических данных. Причем статистические данные могут относиться как к рассматриваемой системе, так и к системе, которая близка по своим параметрам к исследуемому объекту.

Рассмотрим теперь верхний уровень иерархии связи параметров РВС и параметров ОС, а именно, влияние агрегированных показателей Ψ_i на параметры РВС. Для этого рассмотрим нечеткий процесс вида

$$p_j(t) = p_j(t_0)(1 + r_j(t)), \quad (15)$$

где t – текущее время; t_0 – начальный отсчет времени; $p_j(t)$ – нечеткое значение j -го параметра РВС в момент времени t ;

$r_j(t) \in [-r_{1j}, r_{2j}]$ – расчетный коридор изменения $p_j(t)$.

Если влияние параметров ОС на параметр системы $p_j(t)$ мало или отсутствует, то значение $r_j(t)$ близко к нулю. Значения величин r_{1j} и r_{2j} будут зависеть от области значений j -го параметра.

Учитывая рассматриваемый набор из m отдельных факторов ОС, текущие значения которых для j -го параметра РВС равны $\Psi_{ij}(t)$, и для каждого фактора $\Psi_i(t)$ построено терм-множество с пятью термами, не зависящее от вида параметра РВС, для описания $r_j(t)$ можно воспользоваться формулой

$$r_j(t) = \sum_{i=1}^m z_{ij} v_{ij} \sum_{k=1}^5 \alpha_k \mu_i^k(\Psi_{ij}(t)), \quad (16)$$

где $z_{ij} \in \{1, -1\}$ – коэффициент, определяющий положительное или отрицательное направление влияния i -го агрегированного показателя ОС на j -й параметр РВС; v_{ij} – вес i -го агрегированного показателя ОС для j -го параметра РВС; α_k – центры тяжести функций принадлежности каждого терма; $\mu_i^k(\Psi_{ij}(t))$ – значение функции принадлежности k -го терма i -го агрегированного показателя ОС для j -го параметра РВС.

Для оценки зависимости (16) необходимо в свою очередь построить нечеткую базу знаний, которая позволит оценить значение функции принадлежности k -го терма i -го показателя параметра p_j .

Рассмотрим пример использования описанной модели. Для этого введем множество параметров P_M , состоящее из нечетких величин, относящихся, с одной стороны, к узлам маршрутизации: P_m – пропускная способность маршрутизатора; Z_m – задержка при передаче; S_m – стабильность работы, где $m=1..M$, а M – количество узлов маршрутизации в системе.

С другой стороны, введем множество параметров P_L , состоящее из нечетких величин, относящиеся к каналам связи: P_l – пропускная способность канала; S_l – стабильность работы; Z_l – задержка, где $l=1..L$, а L – количество каналов связи в системе.

Каждый параметр $p_j \in P_M \cup P_L$ описывается в своем полном ортогональном семантическом пространстве функциями принадлежности термов следующего вида [6]:

$$\mu_k^p(p_j) = \begin{cases} 0, & p_j \leq p_{kb}, p_j \geq p_{ke}, \\ \frac{p_j - p_{kb}}{p_{kb_1} - p_{kb}}, & p_{kb} < p_j < p_{kb_1}, \\ 1, & p_{kb_1} \leq p_j \leq p_{ke_1}, \\ \frac{p_j - p_{ke}}{p_{ke_1} - p_{ke}}, & p_{ke_1} < p_j < p_{ke}, \end{cases} \quad (17)$$

$$k = 1..K_p,$$

где интервал значений параметра $[p_{kb}, p_{ke}]$ – носитель нечеткого множества, а интервал $[p_{kb_1}, p_{ke_1}]$ – ядро нечеткого множества.

В [2] предлагается все переменные $p_j \in P_M \cup P_L$ описывать нечеткими величинами с семью лексическими значениями. К примеру, переменную S_m можно описать с помощью термов, приведенных в таблице.

Описание S_m

Лексическое значение	S_m (max)	S_m (min)
Очень большая	5 лет	3 года
Высокая	3 года	1 год
Большая	1 год	6 мес
Хорошая	6 мес	3 мес
Средняя	3 мес	1 мес
Низкая	1 мес	1 день
Очень малая	1 день	1 час

При этом в [2] предполагается, что обобщенную оценку каналов и узлов системы можно описать формулами:

$$O_l = f_1 \frac{1}{Z_l} + f_2 S_l + f_3 P_l, \quad (18)$$

$$O_m = t_1 \frac{1}{Z_m} + t_2 S_m + t_3 P_m, \quad (19)$$

а обобщенные характеристики системы в целом определяются количеством возможных

путей, которые могут создаваться в соответствующей системе соотношением

$$O_r = \sum_{m \in P_M(r)} O_m + \sum_{l \in P_L(r)} O_l, \quad (20)$$

где $r=1..R$, R – множество рассматриваемых путей в системе, $P_M(r)$ – множество узлов, входящих в r -ый путь передачи данных; $P_L(r)$ – множество каналов связи, входящих в r -й путь.

Соотношения (18) и (19) можно свести к нечеткой базе знаний, если воспользоваться аппаратом построения систем нечеткого вывода *FIS* (*fuzzy inference system*), реализованным в системе *Matlab*. При этом, в случае применения алгоритма Сугено для нечеткого вывода, правила, описывающие соотношения (18) и (19), сведутся к виду (2).

Кроме того, будем предполагать, что временной ряд наблюдений за системой представим в виде (6). При этом набор признаков, характеризующих обобщенные свойства временного ряда, можно выбрать, например, такими: перегрузка, сбой, круглосуточный режим работы, погодные условия.

В качестве примера рассмотрим нечеткие темпоральные признаки, описывающие погодные условия на выбранном темпоре:

q_1 – неблагоприятные погодные условия;
 q_2 – благоприятные погодные условия.

Тогда лингвистические значения рассматриваемых параметров $p_j \in P_M \cup P_L$ будут зависеть от темпоральных признаков q_1 и q_2 . Данные зависимости представим в виде

$$\begin{aligned} Z_m &= Z_M(q_1, q_2, Z_{m0}), \\ S_m &= S_M(q_1, q_2, S_{m0}), \quad m = 1..M, \\ P_m &= P_M(q_1, q_2, P_{m0}), \\ Z_l &= Z_L(q_1, q_2, Z_{l0}), \\ S_l &= S_L(q_1, q_2, S_{l0}), \quad l = 1..L, \\ P_l &= P_L(q_1, q_2, P_{l0}). \end{aligned} \quad (21)$$

Причем, различные значения образуют разные наборы нечетких ситуаций для значений параметров $p_j \in P_M \cup P_L$. Вводя набор эталонных нечетких ситуаций, описывающих функционирование системы на некотором временном интервале, можно по формулам (13) и (14) находить связи (21) с помощью нечеткой базы знаний.

Таким образом, использование аппарата теории нечетких множеств позволило построить формализованное представление знаний о влиянии параметров ОС на параметры РВС. Подобная формализация дает возможность описывать зависимости параметров РВС от параметров ОС различного уровня сложности, исходя из экспертных оценок или статистического анализа имеющихся данных. Применение нечеткой темпоральной логики позволило формализовать и описать воздействие динамических факторов ОС на параметры РВС с учетом неопределенности их влияния.

Список использованной литературы

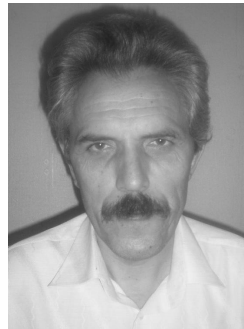
1. Борисов В. В. Нечеткие модели и сети / В. В. Борисов, В. В. Круглов, В. В. Федулов // М.: Горячая линия. – Телеком, 2007. – 284 с.
2. Гоголев В. В. Использование системы автоматического проектирования работы корпоративных сетей более эффективного заполнения предоставленной полосы канала / В. В. Гоголев // Математичні машини і системи. – 2007. – № 3-4. – С. 85-94.
3. Ковалев С. М. Модели представления и поиска нечетких темпоральных знаний в базах знаний временных рядов [электронный ресурс] / С. М. Ковалев // Библиотека Российской ассоциации искусственного интеллекта. – <http://ah.raai.org/> – 19.11.2009.
4. Недосекин А. О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний : дис. ... доктора экон. наук : спец. 08.00.13 / Недосекин А.О. // Санкт-Петербургский гос.ун-т экономики и финансов. – С-П.: – 2003. – 280 с.
5. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации [электронный ресурс] / А.П.Ротштейн // <http://matlab.exponenta.ru/> – 13.03.2008.
6. Тишин П. М. Сравнение характеристик двух моделей описания развития направлений связи / П. М. Тишин, К. В. Ботнар // Научные записки УНИИС. – К.: УНИИС. – 2009. – С. 77-88.

7. Allen J. F. Maintaining knowledge about temporal intervals / J. F. Allen // "Communications of the ACM", 1983. – V. 26. – N. 11. – P. 832-843.

Получено 01.08.2010



Копытчук
Николай Борисович,
д-р техн.наук, зав.
каф. «Комп. интел-
лект. сист. и сети»,
Одесск.нац.
политехн.ун-та



Тишин
Петр Метталинович,
канд. физико-
математич.наук, до-
цент, Одесск.нац. по-
литехн.
ун-та
моб: +3(098)-8050448



Ботнар
Константин
Васильевич, канд.
техн.наук, асс.каф.
информ.-коммуникац.
техн., Одесск. гос. ака-
демия холода
м/т +3(095)-3020265