

УДК 510.22

## РЕАЛИЗАЦИЯ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ КАЧЕСТВА

В.В. РЫЖАКОВ, М.В. РЫЖАКОВ, К.В. РЫЖАКОВ

## THE IMPLEMENTATION OF NETWORK-CENTRIC METHOD OF MEASURING THE QUALITY

V.V. Ryzhakov, M.V. Ryzhakov, K.V. Ryzhakov

**Аннотация.** Предложены методика сетецентрического оценивания качества объекта и результаты численного эксперимента по её проверке.

**Ключевые слова:** алгоритм оценивания качества, численный эксперимент.

**Abstract.** The proposed method network-centric evaluation of the quality of the object and the results of numerical experiment for its verification.

**Keywords:** algorithm of quality estimation, numerical experiment.

Для иллюстрации сетецентрического метода измерения качества необходимо представить алгоритмы процедур кластеризации и оценивания качества на примере объекта, характеризующегося, например, тремя параметрами  $\delta^{(i)} (\{i \in 1; 2; 3\})$ , а шкала каждого параметра содержит по три терма с номерами  $j_i \in \{0; 1; 2\}$ . В качестве элементов ситуаций примем типовые значения представителей термов: значения  $\delta^{(i)} \in \{0; 0,5; 1\}$ . Это соответствует универсальной условной шкале, учитывающей правила формализации, с равномерным шагом между термами. С учетом этого функции принадлежности для каждого параметра каждого терма примут вид

$$\mu_{\tilde{j}_i}(\delta^{(i)}) = \exp\left(\left|\delta^{(i)}\right|^{g_{j_i}^{(i)}} \cdot 4^{g_{j_i}^{(i)}} \ln t_{incj}^{(i)}\right); \quad (1)$$

$$\mu_{\tilde{j}_i}(\delta^{(i)}) = \exp\left(\left|\delta^{(i)} - 0,5\right|^{g_{j_i}^{(i)}} \cdot 4^{g_{j_i}^{(i)}} \ln t_{incj}^{(i)}\right); \quad (2)$$

$$\mu_{\tilde{j}_i}(\delta^{(i)}) = \exp\left(\left|\delta^{(i)} - 1\right|^{g_{j_i}^{(i)}} \cdot 4^{g_{j_i}^{(i)}} \ln t_{incj}^{(i)}\right), \quad (3)$$

где  $i$  – номер формализованного параметра  $\delta^{(i)} = x_i / X_o$ ;  $x_i, X_o$  – значения параметра и базового множества на предметной шкале;  $j$  – номер терма;  $g_{j_i}^{(i)}$  – параметр, характеризующий нарушение комплементарности;  $t_{inc}$  – порог нечеткого включения.

Матрица типовых ситуаций, соответствующая (6), (7), (8), включает три типовых значения различных термов: каждая ситуация – набор значений параметров, заключена в круглые скобки (рис. 1). Подобная матрица представляет собой по сути сетецентрическое отражение возможных состояний объекта, отслеживая которые путем использования нечетких включений или равенств можно принимать необходимые меры, заранее обеспечивать материальными ресурсами.

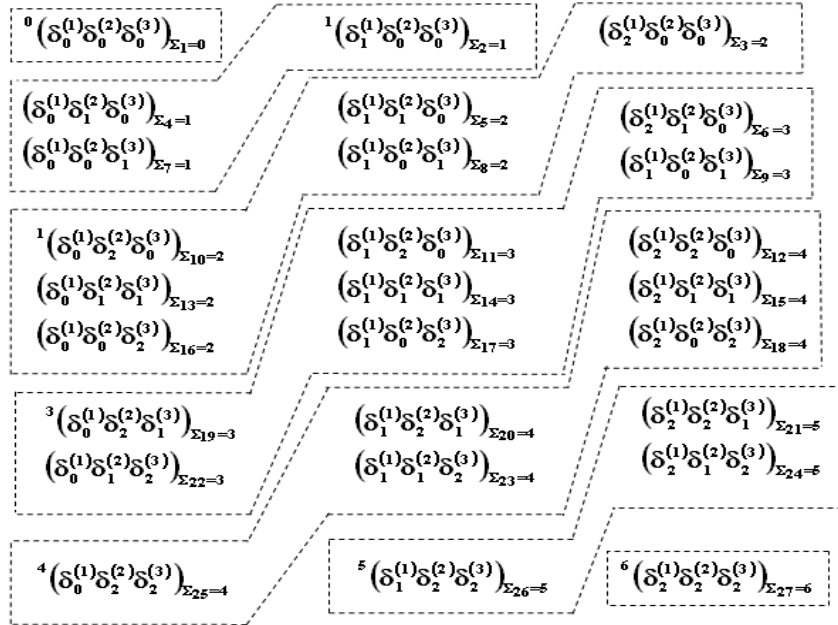


Рис. 1. Матричное и кластерное представление типовых нечетких ситуаций

В качестве признака кластеризации в матрице принята сумма индексов  $\left(\sum_{j_i} j_i\right)$  элементов кластеров. Это можно принимать за рост или снижение нагрузки на объект или ужесточение, или смягчение (в зависимости от семантики) условий применения, например, рост температуры  $(\delta^{(1)})$ , давления  $(\delta^{(2)})$ , вибраций  $(\delta^{(3)})$ .

На основе данных матрицы можно выполнить квалиметрические оценки объекта, соответствующие его различным состояниям (ситуациям). Для этого необходимо ещё преобразовать единичные показатели качества  $(\bar{s}_i)$  – данные матрицы: привести их к значениям соответствующих виртуальных эталонов

$$\tilde{s}_i = \frac{\tilde{\delta}^{(i)}}{\tilde{\delta}_s^{(i)}}, \quad (4)$$

где  $\tilde{\delta}^{(i)}$  – значение  $i$ -го параметра, полученное путем дефаззификации;  $\tilde{\delta}_s^{(i)}$  – значение параметров виртуального эталона с размахом  $[0;1]$ .

Если выбрать в качестве алгоритмов оценивания качества объектов (для иллюстрации) тривиальные средние выборочные, то с учетом (4) можем записать

$$Q_k^{(f)} = \left[ \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\bar{s}_i^{(f)})^k \right]^{\frac{1}{k}}, \quad (5)$$

где  $Q_k^{(f)}$  – комплексный показатель качества;  $k$  может принимать значения  $\in \{-1;0;1;2\}$ , соответствующие средним гармоническим, геометрическим, арифметическим, квадратическим;  $m$  – число единичных показателей качества.

В связи с тем, что в кластер может входить несколько ситуаций, квалиметрическая оценка для каждого кластера (с номером  $r$ ) может быть найдена усредненной по всем его ситуациям  $(f_r)$

$$\bar{Q}_k^{(r)} = \frac{1}{f_r^*} \sum_{f_r=1}^{f_r^*} Q_{kf_r}^{(f)}, \quad (5)$$

где  $Q_k^{(r)}$  – усредненный показатель качества во всех ситуациях;  $r$  – номер кластера;  $f_r$  – номер ситуаций, входящих в кластер  $r, r \in \{1, 2, \dots, R\}, f_r \in \{1, 2, \dots, f_r^*\}$ ;  $R$  – число кластеров;  $f_r^*$  – число ситуаций, входящих в кластер  $r$ .

Таким образом, представлена в общем плане методика оценивания степени функционального соответствия – качества объекта. Но осталось показать влияние параметров  $g_{j_i}^{(i)}, t_{incj}^{(i)}$  нечетких множеств – термов на точность оценивания  $x^{(i)}(\delta^{(i)})$ . Указанные параметры влияют на точность оценивания  $\mu(\delta^{(i)})$ , а значит, и далее на результаты (4), (5). Для иллюстрации этого влияния воспользуемся численным экспериментом, используя данные полученные на основе выражений (1), (2), (3) и представленные в табл. 1. Их анализ показывает, что наблюдается значительный разброс значений функций принадлежности при одних и тех же значениях  $\delta^{(i)}$  текущих параметров. Это влияет также и на результаты кластеризации, и на оценки  $Q_k^{(f)}$ . Для проверки этого воспользуемся указанными значениями типовых представителей термов  $\delta_{j_i}^{(i)} \in \{0; 0,5; 1\}$  условных шкал трех параметров  $(\delta^{(1)}, \delta^{(2)}, \delta^{(3)})$ , в качестве заданной текущей нечеткой ситуации  $\tilde{s}_i$  примем  $s_1 = (\delta^{(1)}, \delta^{(2)}, \delta^{(3)})$  из матрицы рис. 1. Такой выбор текущей ситуации не может повлиять на общность выводов при проверке её нечетких включений  $v(\tilde{s}_1, \tilde{s}_f)$  в другие ( $f$ ) нечеткие типовые ситуации матрицы. Для иллюстрации ограничимся оцениванием нечеткого включения  $v(\tilde{s}_1, \tilde{s}_f)$ .

По данным табл. 1 при  $g_{j_i} = 0,3; 1; 2; 3$ , соответствующим нарушениям комплементарности, выраженными значениями  $\{0,408; 0,278; 0,190; 0,144\}$  [1], оценивались нечеткие включения по алгоритму

$$v(\tilde{s}_1, \tilde{s}_f) = \&(\mu_{\tilde{s}_1^{(i)}}(\delta^{(i)}) \rightarrow \mu_{\tilde{s}_f^{(i)}}(\delta^{(i)})),$$

где  $\mu_{\tilde{s}_1^{(i)}}(\delta^{(i)}), \mu_{\tilde{s}_f^{(i)}}(\delta^{(i)})$  – набор функций принадлежности значений параметров  $\delta^{(i)}$ , составляющих ситуации и характеризующих объект.

В соответствии с символикой и данными матрицы (рис. 1) выборочно оценивались  $v(\tilde{s}_1, \tilde{s}_1), v(\tilde{s}_1, \tilde{s}_8), v(\tilde{s}_1, \tilde{s}_{27})$ . При наиболее целесообразном значении для практики  $t_{inc} = 0,6$  и  $g = 0,3$  получили:

$$v(\tilde{s}_1, \tilde{s}_1) = 0,576; v(\tilde{s}_1, \tilde{s}_8) = 0,426; v(\tilde{s}_1, \tilde{s}_{27}) = 0,350.$$

Следует отметить, что  $v(\tilde{s}_1, \tilde{s}_1)$  представляет наибольшее значение и неравно 1. Поэтому проследим его динамику при различных  $g$  и  $t_{inc}$ .

При использовании  $g \in \{1, 2, 3\}$  будем иметь

$$v(\tilde{s}_1, \tilde{s}_1) \in \{0,640; 0,870; 0,990\}.$$

При минимальном значении, которое можно использовать на практике  $t_{inc} = 0,5$ , и тех же значениях  $g$  будем иметь

$$v(\tilde{s}_1, \tilde{s}_1) \in \{0,574; 0,750; 0,957\}.$$

Из результатов численного эксперимента видно, что вариация  $t_{inc}$  также приводит к существенным изменениям значений  $v(\tilde{s}_1, \tilde{s}_1)$ , а значит, и других ситуаций. Это следует также учитывать при принятии решений.

## Значения функций принадлежности

$g_i^{(i)}$	$\mu_j(\delta^{(i)})$								
	$\delta_j^{(i)}=0$			$\delta_j^{(i)}=0,5$			$\delta_j^{(i)}=1,0$		
	$\delta^{(i)}=0$	$\delta^{(i)}=0,5$	$\delta^{(i)}=1,0$	$\delta^{(i)}=0$	$\delta^{(i)}=0,5$	$\delta^{(i)}=1,0$	$\delta^{(i)}=0$	$\delta^{(i)}=0,5$	$\delta^{(i)}=1,0$
$\mu_j(\delta^{(i)})$ при $t_{inc}=0,5$									
0,3	1	0,426	0,350	0,420	1	0,420	0,350	0,426	1
1,0	1	0,250	0,060	0,25	1	0,25	0,060	0,250	1
2,0	1	0,063	0	0,063	1	0	0	0,063	1
3,0	1	0,004	0	0	1		0	0,004	1
$\mu_j(\delta^{(i)})$ при $t_{inc}=0,6$									
0,3	1	0,533	0,461	0,533	1	0,533	0,461	0,533	1
1,0	1	0,36	0,13	0,36	1	0,36	0,13	0,36	1
2,0	1	0,13	0,0002	0,13	1	0,13	0,002	0,13	1
3,0	1	0,017	0	0,017	1	0,017	0	0,01	1
$\mu_j(\delta^{(i)})$ при $t_{inc}=0,7$									
0,3	1	0,645	0,582	0,645	1	0,645	0,582	0,645	1
1,0	1	0,49	0,240	0,49	1	0,49	0,24	0,49	1
2,0	1	0,24	0,003	0,24	1	0,24	0,003	0,24	1
3,0	1	0,058	0	0,06	1	0,06	0	0,058	1

Из данных также следует, что необходимо оценивать качество объекта по каждой ситуации.

Этот набор уровней качества можно заранее просчитать и заранее спланировать соответствующие сетцентрические действия, предотвращающие негативные последствия.

## Библиографический список

1. Рыжаков В.В., Рыжаков М.В., Рыжаков К.В. Прогнозирование поведения сложных объектов на основе представлений нечетких ситуаций: учебное пособие. М.: МФТИ, 2005. 100 с.
2. Рыжаков В.В., Рыжаков М.В. Прикладная метрология на основе представлений нечетких множеств. Основы диагностирования в условиях чрезвычайных ситуаций: монография. М.: МФТИ, 2009. 143 с.

**Рыжаков Виктор Васильевич**

Пензенский государственный  
технологический университет,  
г. Пенза, Россия  
E-mail: rrvv@pgta.ru

**Ryzhakov V.V.**

Penza State Technological  
University, Penza, Russia

**Рыжаков Михаил Викторович**

Московский физико-технический  
институт (государственный  
университет), г. Долгопрудный  
Московской области, Россия  
E-mail: mryzhakov@applmech.mipt.ru

**Ryzhakov M.V.**

Moscow Institute of Physics and  
Technology (State University),  
Dolgoprudny, Moscow Region, Russia

**Рыжаков Константин Викторович**  
Научно-исследовательский  
конструкторский институт  
радиоэлектронной техники,  
г. Заречный Пензенской области,  
Россия

**Ryzhakov K.V.**  
Research & Design Institute  
of Radio-Electronic Engineering  
(NIKIRET), Zarechny,  
Penza Region, Russia