

Рыжаков В.В., Рыжаков М.В., Рыжаков К.В. Общие положения сетецентрического метода измерения качества. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XVII Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2017. – С. 39-45.

УДК 510.22

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ КАЧЕСТВА

В.В. Рыжаков, М.В. Рыжаков, К.В. Рыжаков

### GENERAL PROVISIONS OF NETWORK-CENTRIC METHOD OF QUALIMETRY

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

**Аннотация.** Приведены основные положения сетецентрического метода измерения качества как раздел квалиметрии на основе элементов искусственного интеллекта. Предложены метод измерения нечеткой информации, защищенный патентом РФ на изобретение, и алгоритм её формализации.

**Ключевые слова:** нечеткая информация, сетецентрическая квалиметрия.

**Abstract.** The main principles of network-centric method of qualimetry as part of quality control based on the elements of artificial intelligence. The proposed method of measuring the fuzzy information that is protected by RF patent for the invention, and an algorithm for its formalization.

**Keywords:** fuzzy information, network-centric qualimetry.

Общие положения будут касаться методик получения исходной нечеткой информации и алгоритмов её формализации в виде формы, удобной для оценивания качества указанным методом.

Сетецентрический метод измерения качества может касаться различных сетецентрических систем. С понятием «сетецентрической системы» можно связать достаточно широкую номенклатуру объектов: процесс, предприятие, устройство, военная операция и др. Эти понятия особо широко используются в военной тематике, как, например, «сетецентрические войны», «сетецентрические системы» [1,2,3,4]. Кратко отметим их особенности на примере анализа [1]. Так, в [1] этот термин используется в качестве военной терминологии. При этом целесообразность использования этого понятия объясняется нечеткой информацией, характерной для аналитического (математического) описания военных операций, и на её основе возможно получить оперативную оценку обстановки. Также это следует и из высказываний, приведенных в [1], американского адмирала Уильяма об этом подходе как о «мощном синергетическом эффекте...: подавляющее преимущество в разведанных о боевом пространстве, практически безошибочную постановку боевых задач, мгновенную и всестороннюю оценку обстановки».

В этой же работе анализируются недостатки подхода к анализу задачи принятия решений на основе теории вероятностей, требующей «статистического подтверждения» и «проведения испытаний в одинаковых условиях». Это в реальных условиях «трудно представить».

Отмеченные сложности решений указанных задач автор [1] считает возможным преодолеть с переходом к функциям принадлежности, а не к функциям плотности вероятности. Одновременно с этим автор указывает на сложности, которые

возникают перед лицом, принимающим решения (ЛПР), в связи с ростом количества «логико-продукционных правил», т.е. начинает сказываться правило Мюллера: «человек может правильно обрабатывать  $7 \pm 2$  единиц разрозненной информации». Ещё в [1] отмечается, что функция принадлежности может со временем, например, в связи с изменившимися обстоятельствами, также изменяться, и её коррекция требует определенной квалификации ЛПР или другого лица. Путь преодоления указанных трудностей, по мнению автора [1], – «использовать системы искусственного интеллекта, которые позволяют преодолеть информационный порог закона Мюллера, выявить проблемные ситуации и формировать управляющие воздействия на реагирующую часть системы с конечной целью обеспечения устойчивого... развития системы в условиях изменяющейся внешней обстановки». Подобным образом формулируются задачи, возникающие в указанной отрасли.

В работе [2] рассматривается та же тематика. В работах [3,4] приводятся обзоры материалов по интеллектуальным системам управления и нечетким регуляторам, но непосредственно по квалиметрии их нет. При этом следует отметить, что ставятся задачи привлечения и интеграции «количественно-качественных моделей разных предметных областей». Квалиметрия и может быть одной из таких моделей.

Анализируя все изложенное, можно отметить, что задачи «выявления проблемных ситуаций» и «формирования управляющих воздействий» можно решить путем создания и использования специальной квалиметрии, измеряющей качество процедур «выявления» и «формирования». Назовем её сетцентрической, включающей элементы искусственного интеллекта: алгоритмы кластеризации нечетких ситуаций, характеризующих объект, которые должны быть представлены в нужный момент времени с учетом возможных вариаций обстоятельств и подходов, и включающей алгоритмы оценивания степени функционального соответствия – качества систем (объектов) на основе нечеткой информации, представленной функциями принадлежности. При этом в функциях принадлежности должны учитываться такие основные характеристики: размах базового множества параметров-критериев годности, единичных показателей качества, число термов на этих множествах, показатели нечеткости термов – нарушения комплементарности и пороги нечетких включений – показателей хорошо и плохо определенной нечеткой информации. Вариации обстоятельств должны при этом найти свое отражение и в соответствующих условных шкалах [5] с учетом изменяющейся их семантики, представленной, например, различными функциями отображения: выпуклыми и вогнутыми экспонентами, сигмоидами, прямыми [6].

Далее коснемся принципиально важного, основного момента: метода измерения нечеткой информации, необходимой для оценивания качества объекта. Он является одним из главных факторов, как в постановке направлений поиска решения сетцентрических задач, так и в трактовке результатов решений. Авторы предлагают такой метод на основе реализации своего патента на изобретение [7]:

- получение неполной измерительной информации на базовом множестве на основе использования шкал интервалов или отношений;
- для реализации метода измерения нечеткой информации на базовом множестве формируется условная шкала нечетких эталонных объектов – термов путем назначения их типовых представителей;

- на основе условной шкалы фаззифицируются все значения базового множества путем задания и использования функций принадлежности термов, учитывающих семантику исходной неполной измерительной информации;

- на основе условной шкалы фаззифицируется неполная измерительная информация, которая используется для предварительного оценивания нечеткой информации на основе нечеткого отношения в виде включения её в термы шкалы нечетких эталонных объектов;

- далее выделяется терм с наиболее близким значением типового представителя к исходному фаззифицированному значению исходной измерительной информации, который принимается за терм с наибольшим включением, а его типовой представитель – за предварительный результат измерения;

- затем предварительный результат заменяется более точным, полученным на основе его дефаззификации с учетом значений функций принадлежности во всех термах;

- первый результат может уточняться путем повторной фаззификации уточненной исходной информации и её последующей дефаззификации. Число повторений – уточнений ограничивается тем фактом, когда результаты после уточнений повторяются, т.е. становятся близкими с предшествующими (с точностью, близкой заданной).

Все предложенные процедуры, по сути, соответствуют определению понятия «косвенное измерение» п.5.11 [8]. Это положение будем использовать далее по тексту.

Для пояснения сути получения уточненной нечеткой информации воспользуемся идентифицированным выражением функций принадлежности элементов нечеткому множеству [5]. Её вид

$$\mu_{\tilde{X}_{j_i}^{(i)}}(x^i) = \exp \left[ \frac{\left( |x^{(i)} - x_{j_i}^{(i)}| 2J_i \right)^{g_{j_i}^{(i)}}}{X_{\sigma}^{(i)}} \ln t_{incj}^{(i)} \right], \quad (1)$$

где  $\tilde{X}_{j_i}^{(i)}$  – нечеткое множество, соответствующее  $j_i$ -му терму.  $j_i \in \{0, 1, \dots, J\}$  на шкале  $i$ -го параметра;

$x_{j_i}^{(i)}$  – типовой представитель  $j_i$ -го терма на шкале  $i$ -го параметра;

$X_{\sigma}^{(i)}$  – размах базового множества  $i$ -го параметра;

$g_{j_i}^{(i)}$  – параметр, характеризующий нарушение комплементарности;

$t_{incj}^{(i)}$  – порог нечеткого включения  $x^{(i)}$  в  $\tilde{X}_{j_i}^{(i)}$ .

Теперь изложенное представим в виде аналитических выражений.

Номер терма с наибольшим включением  $x_{t_n}^{(i)}$  определяем по условию

$$j_i \left( \max_{j_i} \mu_{\tilde{X}_{j_i}}(x_{t_n}^{(i)}) \right) \Rightarrow \bigvee_{j_i} \left\{ \mu_{\tilde{X}_{j_i}}(x_{t_n}^{(i)}) \right\}, \quad (1a)$$

где  $\bigvee_{j_i}$  – взятие  $\max$ : номер соответствующего терма и есть  $j_i(\max)$ .

С учетом (1) алгоритм дефаззификации (получения уточненного значения исследуемого параметра на предметной шкале) можно записать так

$$\bar{x}_{t_n}^{(i)} = \frac{\sum_{j_i=0}^{J_i} \mu_{\tilde{X}_{j_i}}(x_{t_n}^{(i)}) \cdot x_{j_i}^{(i)}}{\sum_{j_i=0}^{J_i} \mu_{\tilde{X}_{j_i}}(x_{t_n}^{(i)})}, \quad (2)$$

где  $x_{t_n}^{(i)}$  – значение исследуемого параметра ( $i$ -го параметра, исходная, предварительная информация) на предметной шкале в момент времени  $t_n$ ;

$x_{j_i}^{(i)}$  – типовой представитель  $j_i$ -го термина на условной шкале  $i$ -го параметра;

$\mu_{\bar{x}_{j_i}}(x_{t_k}^{(i)})$  – функция принадлежности  $x_{t_k}^{(i)}$ -го значения  $j_i$ -му термину на условной шкале  $i$ -го параметра,  $i \in \{1, 2, \dots, m\}$ ,  $j \in \{0, 1, 2, \dots, J_{ij}\}$ .

Полученное значение  $\bar{x}_{t_n}^{(i)}$ , как указывалось ранее, можно для уточнения результатов повторно фаззифицировать, а затем – дефаззифицировать.

Далее покажем процедуры формирования ситуаций, характеризующих состояние объекта, и их кластеризацию. Для этого в выражениях (1) и (2) значения  $x^{(i)}$ ,  $x_{j_i}$ ,  $X_{\delta}^{(i)}$ , соответствующих предметным шкалам, переведем в значения универсальных шкал, полный диапазон значений которых равен  $[0;1]$ , поэтому удобных для непосредственного оценивания качества  $Q \in (0;1)$ :

$$\bar{\delta}^{(i)} = \frac{\bar{x}^{(i)}}{X_{\delta}^{(i)}}. \quad (3)$$

По аналогии

$$\delta_{j_i} = \frac{x_{j_i}}{X_{\delta}^{(i)}}, \quad (4)$$

$$\delta_{\delta}^{(i)} = \frac{X_{\delta}^{(i)}}{X_{\delta}^{(i)}} = 1. \quad (5)$$

Таким образом, изложены основные положения синтеза алгоритмов и формализации исходной информации, необходимой для реализации сетецентрического метода измерения качества.

#### Библиографический список

1. Руденский А. Искусственный интеллект в сетецентрических войнах XXI века // Национальная оборона. 2011. №9. С. 50-51.
2. Скоков С.И. Сетецентрическая система управления ВС России и необходимые меры по ускорению развития автоматизированных систем управления войсками (силами) // Вестник академии военных наук. 2014. №1(46). С. 52-54.
3. Васильев С.Н., Кудинов Ю.И., Пащенко Ф.Ф. и др. Интеллектуальные системы управления и нечеткие регуляторы. Ч.1 Нечеткие модели, логико-лингвистические и аналитические регуляторы // Научно-технический и производственный журнал «Датчики и системы». 2017. №1. С. 4-19.
4. Васильев С.Н., Кудинов Ю.И., Пащенко Ф.Ф. и др. Интеллектуальные системы управления и нечеткие регуляторы. Ч.2. Обучаемые нечеткие регуляторы, нечеткие ПИД-регуляторы // Научно-технический и производственный журнал «Датчики и системы». 2017. №2. С.3-12.
5. Рыжаков В.В., Рыжаков М.В., Рыжаков К.В. Оценивание нечеткой информации на основе условных шкал // Метрология. 2009. №8. С.3-11.
6. Рыжаков В.В., Рыжаков М.В. Аналитические положения прогнозирования состояний объектов с учетом шкалирования и кластеризации нечеткой информации: монография. М.: МФТИ, 2015. 86 с.
7. Рыжаков В.В., Рыжаков М.В. Патент РФ на изобретение №2565494 «Способ измерения нечеткой информации». Опубликовано 20.10.2015. Бюллетень №29.

8. РМГ 29-99. Метрология. Основные термины и определения.

**Рыжаков Виктор Васильевич**

Пензенский государственный  
технологический университет,

г. Пенза, Россия

E-mail: rvv@pgta.ru

**Рыжаков Михаил Викторович**

Московский физико-технический  
институт (государственный

университет), г. Долгопрудный

Московской области, Россия

E-mail: mryzhakov@applmech.mipt.ru

**Рыжаков Константин Викторович**

Научно-исследовательский

конструкторский институт

радиоэлектронной техники,

г. Заречный Пензенской области,

Россия

**Ryzhakov V.V.**

Penza State Technological

University, Penza, Russia

**Ryzhakov M.V.**

Moscow Institute of Physics and

Technology (State University),

Dolgoprudny, Moscow Region, Russia

**Ryzhakov K.V.**

Research & Design Institute

of Radio-Electronic Engineering

(NIKIRET), Zarechny,

Penza Region, Russia