

- potential change in the slot width for wireless broadband access systems]. *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki*, 2015, pp. 184-194.
8. Lu W.-J., Shi J.-W., Tong K.-F., Zhu H.-B. Planar end-fire circularly polarized antenna using combined magnetic dipoles. *IEEE Antennas & Wireless Propagation Letters*, 2015. pp. 4. DOI: 10.1109/LAWP.2015.2401576.
 9. Wu Zi-Han, Wei Feng, Shi Xiao-Wei, Li Wen-Tao. A compact quad band-notched UWB monopole antenna loaded one lateral L-shaped slot. *Progress in electromagnetics research*, 2013, vol. 139, pp. 303-315. DOI: 10.2528/PIER13022714.
 10. Abdrakhmanova G. I., Bagmanov V.H. Sverhshirokopolosnaya sistema svyazi na osnove novykh modelej impul'sov i antenn [Ultra-wideband communication system based on new pulse and antenna models]. *Vestnik UGATU*, 2013, vol. 17, no. 4 (57), pp. 152-159.
 11. Abdrakhmanova G.I. *Povyshenie ehffektivnosti sverhshirokopolosnykh sistem svyazi na osnove optimizacii formy impul'sov* [Increase in the efficiency of ultra-wideband communication systems based on pulse shape optimization]. Dissert. cand. of technical sciences, 2013. 142 p.

Received 15.12.2018

УПРАВЛЕНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ОТРАСЛИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

УДК 006.91:510.644

МЕТОДИКА РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА НЕЧЕТКИХ СИТУАЦИЙ

Рыжаков В.В.¹, Рыжаков К.В.², Рыжаков М.В.³

¹ Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

² Научно-исследовательский и конструкторский институт радиоэлектронной техники - филиал ПО «Старт» им М.В. Проценко, г. Заречный Пензенской области, Россия

³ Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный Московской области, Россия
E-mail: mryzhakov@applmech.mipt.ru

В статье выделяются обстоятельства, определяющие различные условия, усложняющие получение и формализацию исходной актуальной информации об объекте, подвергаемым наблюдению или локализации в определенный момент времени. С учетом указанных обстоятельств для решения задачи распознавания объекта рекомендуется использовать в качестве основ методик нечеткую информацию. Для развития этого направления в статье предлагается использовать так называемые алгебры-шкалы и соответствующие методы шкалирования и кластеризации для получения и преобразования нечеткой информации. С целью обобщения указанной информации в статье используется понятие нечеткой ситуации. При этом выделяется текущая и типовая ситуации. Их совокупности определяют (характеризуют) как наблюдаемый образ объекта, так и его возможный типовой образ, отвечающий конкретным обстоятельствам. При этом для более оперативного распознавания образа объекта рекомендуется использовать кластерный анализ, позволяющий объединить типовые ситуации в кластеры с определенными свойствами, и на основе использования нечетких отношений включения или равенства определить след движения текущей ситуации по указанным кластерам. Это в значительной степени позволяет повысить оперативность принятия соответствующих ответных решений на поведение наблюдаемого объекта. Такие решения предлагается заранее разработать и запрограммировать. В статье приводятся аналитические выражения алгоритмов, необходимые для реализации методики распознавания объекта и приводится пример кластеризации типовых ситуаций в виде матричного построения.

Ключевые слова: нечеткая ситуация, кластер, отношения включения, равенства, след ситуации

Введение

Процесс распознавания какого-то образа (объекта) предполагает определенную степень сложности представления соответствующей информации. Последнее определяется в значительной степени отсутствием полной совокупности све-

дений. Эта информация в лучшем случае может носить стохастический характер. В других случаях будет носить более неопределенный нечеткий характер, который можно представить в количественном виде элементами нечетких множеств [1, 2] нечеткой алгебры [3]. Элементы такой алгебры

предполагают, в свою очередь, использование специальных методов шкалирования и измерения [4]. При этом должны учитываться принципы нечеткой логики [5-7].

Постановка задачи

Измерение нечеткой информации согласно [4] основано на использовании условных шкал нечетких эталонных объектов – термов на базовом множестве, путем назначения (выбора) типовых представителей. В последующем фаззифицируются все значения базового множества, характеризующие параметры объекта, путем использования функций принадлежности. На основе условных шкал представляется неполная нечеткая информация путем определения её нечеткого включения в типовые термы.

Решение задачи

При этом терм с наибольшим включением текущей ситуации можно считать предварительным результатом измерения нечеткой информации. В этот результат вводятся поправки с использованием дефаззификации при использовании функций принадлежности всех термов конкретной шкалы.

В связи с тем, что объект является достаточно сложным, для его описания целесообразно использовать такие понятия, как нечеткая ситуация [2-8]. Ее параметры – результат рассмотренных измерений. Поэтому с учетом этих данных, полученных на предметных шкалах, нечеткую ситуацию (\tilde{S}_t) на момент времени t можем представить следующей совокупностью данных:

$$\tilde{S}_t = \left\{ \mu_{j_i} \left(x_t^{(i)} \right) / x_t^{(i)} \right\}, \quad (1)$$

где $i \in \{1, 2, \dots, I\}$ – номера признаков (параметров) объектов; $j_i \in \{0, 1, \dots, J_i\}$ – номера термов на условной шкале, соответствующей i -му параметру объекта; $\mu_{j_i} \left(x_t^{(i)} \right)$ – функция принадлежности значения $x_t^{(i)}$ нечеткому множеству – терму \tilde{j}_i .

Обобщенное идентифицированное выражение функции принадлежности согласно [3] представляется в виде:

$$\mu_{j_i} \left(x_t^{(i)} \right) = \exp \left\{ \left[\frac{|x_t^{(i)} - x_{j_i}| \cdot 2J}{X_0} \right]^g \cdot \ln t_{inc} \right\}, \quad (2)$$

где X_0 – базовое множество на предметной шкале; g – параметр, характеризующий нарушение комплементарности нечетких множеств (термов) условной шкалы.

Для того чтобы распознать образ объекта, необходимо сравнить текущую нечеткую ситуацию, характеризующую объект, с типовой нечеткой ситуацией. Сравнение возможно в виде нечеткого включения:

$$\nu \left(\tilde{S}_t, \tilde{S}_g \right) = \&\nu \left(\left(\mu_{\tilde{S}_p} \rightarrow \mu_{\tilde{S}_g} \right) \right), \quad (3)$$

или равенства

$$\mu \left(\tilde{S}_t, \tilde{S}_g \right) = \nu \left(\mu_{\tilde{S}_t} \rightarrow \mu_{\tilde{S}_g} \right) \&\nu \left(\mu_{\tilde{S}_g} \rightarrow \mu_{\tilde{S}_p} \right), \quad (4)$$

где \rightarrow выражает оператор импликации следует учитывать его особенности [4, 9].

В выражениях (2) и (3) символ t можно принять за обозначение текущей ситуации, а g – типовой.

Типовую ситуацию по аналогии с (1) можем представить так:

$$\tilde{S}_{Tf} = \left\{ \mu_{j_i} \left(x_{j_i}^{(i)} \right) / x_{j_i}^{(i)} \right\}, \quad (5)$$

Каждый элемент ситуации (1) и (4) характеризуется значением параметра и соответствующей функцией принадлежности.

Если ввести виртуальный эталон объекта, то можно перейти с предметных шкал на универсальные шкалы, на которых базовые множества $\alpha_0 = 1$. Переход на универсальные шкалы осуществляется с использованием функций отображения [3, 4]. При этом выражение (2) переписется в виде:

$$\mu_{j_i} \left(\alpha_t^{(i)} \right) = \exp \left\{ \left[\left| \alpha_t^{(i)} - \alpha_{j_i}^{(i)} \right| 2J \right]^g \cdot \ln t_{inc} \right\}, \quad (6)$$

Заключение

Приведенные выражения ситуаций (типовых) позволяют все возможные состояния изучаемого (наблюдаемого) объекта представить матрицей кластеров $(M(K^{(r)}))$ [4, 10], что не снижает общности последующих исследований. Её вид в единицах универсальных шкал $(\alpha_{j_i}^{(i)})$ примет вид рис. 1. В матрице $(\alpha_{j_i}^{(i)})$ на рис. 1 выражены элементы через параметры типовых ситуаций в единицах универсальных шкал. Выделено 7 кластеров по принципу суммирования индексов (номеров) термов (j_i). Суммы равны, соответственно, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6. Подобный подход условно предполагает, что с ростом суммы номеров кластеров возрастает степень опасного состояния, т.е. так выражаются Spur движения текущей ситуации во времени \tilde{S}_t с параметрами $(\alpha_{j_i}^{(i)})$. Spur , так определенный

след ситуации, позволяет наметить ответные меры со стороны оператора охраны. Более конкретные выводы требуют достаточно объемного экспе-

римента, например, численного. Методологию данного эксперимента можно найти в [3]. При этом следует учитывать особенности ситуации [11, 12].

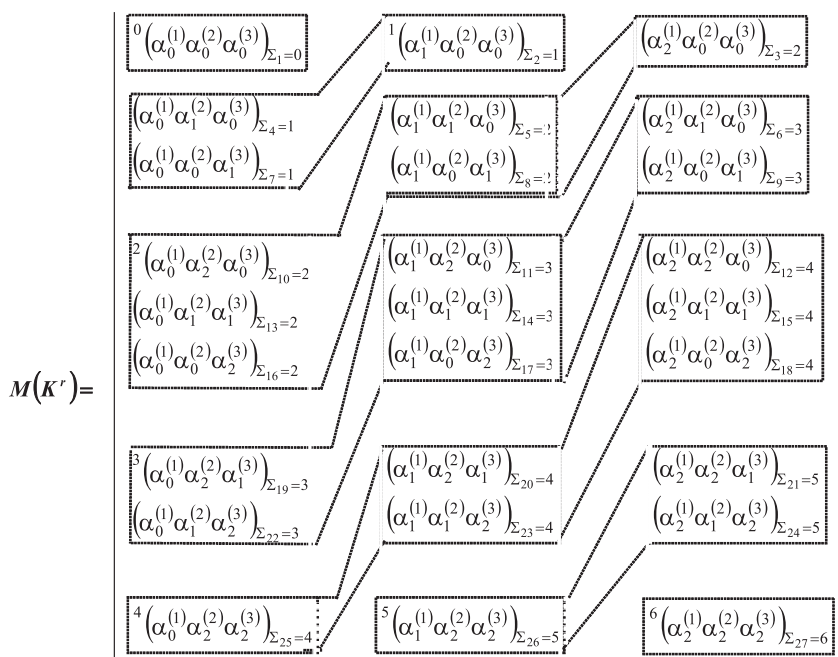


Рисунок 2. Матричное и кластерное представление типовых ситуаций

Литература

1. Аверин А.Н., Батыршин И.З., Блишун А.Ф., Силов В.Б., Тарасов В.Б. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986. – 311 с.
2. Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Г. Ситуационные советы системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
3. Рыжаков В.В., Рыжаков М.В. Прикладная метрология на основе представлений нечетких множеств. Основы диагностирования в условиях чрезвычайных ситуаций. – М.: МФТИ, 2009. – 143 с.
4. Рыжаков В.В., Рыжаков М.В. Аналитические положения прогнозирования состояния объектов с учетом шкалирования и кластеризации нечеткой информации. – М.: МФТИ, 2015. – 86 с.
5. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные системы – М.: Физматлит, 2001. – 225 с.
6. Потюпкин А.Ю. Применение нечеткой логики в задачах контроля технического состояния летательных аппаратов // Измерительная техника. – 2002. – №7. – С. 12.
7. Новак В., Перфильева И., Мочкорж И. Математические принципы нечеткой логики – М.: Физматлит, 2006. – 347 с.
8. Рыжаков В.В., Рыжаков М.В., Рыжаков К.В. Отражение точности идентификации нечетких множеств в представлениях ситуаций // Измерительная техника. – 2004. – №10. – С. 20-23.
9. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. Пер. с англ. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.
10. Миркин Б.Г. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений. Обзор. – М.: Изд. дом НИУ ВШЭ, 2011. – 88 с.
11. Ямалов Н.У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2009. – 288 с.
12. Ambrosini V., Bowman C. Managerial consensus and corporate // European Management Journal. – 2003. – Vol. 21. – No 2. – P. 213-221. DOI: 10.1016/S0263-2373(03)00016-1.

Получено 22.11. 2018

Рыжак **Виктор Васильевич**, д.т.н., Заслуженный деятель науки РФ, профессор Кафедры технического управления качеством Пензенского государственного технологического университета. Тел. (8-841) 220-86-03. E-mail: rvv@penzgtu.ru

Рыжак **Константин Викторович**, к.т.н., начальник НТО Научно-исследовательского и конструкторского института радиоэлектронной техники – филиала ПО «Старт» им. М.В. Проценко. Тел. (8-841) 65-48-11. E-mail: Lina@nikiret.ru

Рыжак **Михаил Викторович**, старший преподаватель Кафедры прикладной механики, заведующий лабораторией прикладных нанотехнологий Московского физико-технического института (государственный университет). Тел. (8-498) 744-63-41. E-mail: mryzhakov@applmech.mipt.ru

OBJECT RECOGNITION METHOD BASED ON CLUSTERING ANALYSIS OF FUZZY SITUATION

Ryzhakov V.V.¹, Ryzhakov K.V.², Ryzhakov M.V.³

¹Penza State Technological University, Penza, Russian Federation

²Research and Design Institute of Radioelectronic Technology,

Branch of PA «Start» named after M.V. Protsenko», Zarechny, Penza region, Russian Federation

³Moscow Institute of Physics and Technology (State University), Dolgoprudny,

Moscow Region, Russian Federation

E-mail: mryzhakov@applmech.mipt.ru

The article highlights the aspects determining various conditions that complicate obtaining and formalizing the initial actual information about the object being monitored or localized at a certain point in time. Taking into account the above aspects, it is recommended to use fuzzy information as the basis for the methods of object recognition. To develop this direction, it is proposed to use so-called algebra-scales and appropriate methods of scaling and clustering to obtain and convert fuzzy information. In order to generalize this information, the article uses the concept of fuzzy situation. The current and typical situations are isolated. Their aggregates define (characterize) both the observed image of the object, and its possible typical image, which corresponds to specific circumstances. In order to recognize the image of an object more quickly, it is recommended to use cluster analysis, which allows to combine typical situations into clusters with certain properties, and to trace the movement of the current situation inside the specified clusters using the fuzzy inclusion or equality relations. This, to a significant degree, makes it possible to increase the efficiency of deciding on an appropriate response to the behavior of the observed object. It is proposed to develop and program such solutions in advance. The article contains analytical expressions of algorithms necessary for implementing the method of object recognition and provides an example of clustering of typical situations using matrices.

Keywords: *fuzzy situation, cluster, relations of switching, equality, situation trace*

DOI: 10.18469/ikt.2019.17.1.14

Ryzhakov Viktor Vasilevich, Penza State Technological University, Russia, Penza, 1a/11 Baidukova travel Baidukova av. / Gagarina str., Penza, 440039, Russian Federation; Professor of the Department of Technical Quality Management, Doctor of Technical Science, Honored Worker of Science of the Russian Federation. Tel. +7412208603. E-mail: rvv@penzgtu.ru.

Ryzhakov Konstantin Viktorovich, Research and Design Institute of Radioelectronic Technology – branch of PA «Start» named after M.V. Protsenko, 1 Prospect Mira, Zarechny, Penza region, 442962, Russian Federation; Head of Scientific and Technical Department, PhD in Technical Sciences. Tel. +7412654811. E-mail: Lina@nikiret.ru

Ryzhakov Mikhail Viktorovich, Moscow Institute of Physics and Technology (State University), 9 Institutsky per., Dolgoprudny, Moscow region, 141701, Russian Federation; Senior Teacher of the Department of Applied Mechanics, Head of the Laboratory of Applied Nanotechnologies. Tel. +74987446341. E-mail: mryzhakov@applmech.mipt.ru

References

1. Averin A.N., Batuirshin B.P., Blishun A.F., Silov V.B. *Nechetkie mnozestva v modeliah upravleniya i iskusstvennogo intellekta* [Fuzzy sets in control models and artificial intelligence]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 311 p.
2. Melikhov A.N., Bernshtein L.S., Korovin S.G. *Situacionnye sovetyi sistemyi s nechetkoi logikoi* [Situational advice system with fuzzy logic]. Moscow, Nauka Publ., 1990. 272 p.
3. Ryzhakov V.V., Ryzhakov M.V. *Prikladnaya metrologiya na osnove predstavleniya nechetkih mnojestv. Osnovy diagnostirovaniya v usloviakh chrezvychainyih sityacii* [Applied metrology based on representations of fuzzy sets. Basics of diagnosing in emergencies]. Moscow, Moscow Institute of Physics and Technology, 2009. 143 p.
4. Ryzhakov V.V., Ryzhakov M.V. *Analiticheskie polozenia prognozirovaniya sostoyaniya obyektov s uchetom shkalirovaniya i klasterizacii nechetkoi informacii* [Analytical provisions for fore-casting the state of objects, taking into account the scaling and clustering of fuzzy information]. Moscow, Moscow Institute of Physics and Technology, 2015. 86 p.
5. Kruglov V.V., Long M.I., Golunov R.Yu. *Nechetkaya logika i iskusvennye neirony* [Fuzzy logic and artificial neural systems]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2001. 225 p.
6. Potyupkin A.Yu. *Primenenie nechetkoyi logiki v zadachah kontrolya tehničeskogo sostouaniya letatelnyuh apparatov* [Application of fuzzy logic in problems of technical condition control of aircraft]. *Izmeritelnaya tekhnika*, 2002, no. 7, p. 12.
7. Novak W., Perfilieva I., Mochkorzh J. *Matematicheskie principy nechetkoi logiki* [Mathematical principles of fuzzy logic]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2006. 347 p.
8. Ryzhakov V.V., Ryzhakov M.V., Ryzhakov K.V. *Otazhenie tochnosti identifikacii nechetkih mnogestv v predstavleniyah sityacuyi* [Reflection of the accuracy of identification of fuzzy sets in the representations of situations]. *Izmeritelnaya tekhnika*. 2004, no. 10, pp. 20-23.
9. Andrzej Piegat. *Fuzzy Modeling and Control*. Physica, 2001. 728 p. (Russ. ed. Pegat A. *Nechetkoe modelirovanie i upravlenie*. Moscow, Binom. Laboratoriya znaniy, 2009. 798 p.)
10. Mirkin B.G. *Metodye klasteranaliza dlya podderczki prinyatia reshenii. Obzor* [Methods of cluster analysis to support decision-making. Overview]. Moscow, Higher School of Economics, 2011. 88 p.
11. Yamalov N.U. *Modelirovanie processov upravleniya i prinyatiya reshenii v ysloviyah cherezvychainyih sityacii* [Modeling the processes of management and decision-making in emergency situations]. Moscow, Laboratoriya bazovyh znaniy Publ., 2009. 288 p.
12. Ambrosini V., Bowman C. *Managerial consensus and corporate strategy*. *European Management Journal*, 2003, vol. 21, no. 2, pp. 213-221. DOI: 10.1016/S0263-2373(03)00016-1.

Received 22.11.2018

ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

УДК 681.518: 339.13

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ: ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ АСПЕКТЫ

Димов Э.М., Маслов О.Н.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ

E-mail: e.m.dimov@gmail.com

Рассматриваются образовательные и научно-исследовательские аспекты процесса формирования цифровой экономики с применением современных инфокоммуникационных и информационных технологий. Отмечена роль ИТ, которую они играют при создании ЦЭ путем внедрения новых инфокоммуникационных технологий в производственные технологии и расширения концепции Industry 4.0 до Society 5.0. Обсуждается проблема создания отечественной системы генерации и реализации инновационных знаний, без которой формирование цифровой экономики в России невозможно. Представлены исследования в области цифровой экономики, которые проводит научная школа