

17. Agasiev T.A., Karpenko A.P. Sovremennye tekhniki global'noy optimizatsii [Modern technology of global optimization], *Informatsionnye tekhnologii* [Information technologies], 2018, No. 6, pp. 370-386.
18. Norenkov I.P., Uvarov M.Yu. Podderzhka prinyatiya resheniy na osnove patternov proektirovaniya [Decision support based on design patterns], *Nauka i obrazovanie: Nauchnoe izdanie* [Science and Education: Scientific publication], 2011, No. 9, pp. 25-32.
19. Bozhko A.N. Metody strukturnogo analiza slozhnykh izdeliy v integrirovannykh CFD/CAM-sistemakh [Structural analysis methods for complex products in integrated CAD/CAM-systems], *Informatsionnye tekhnologii* [Information Technologies], 2018, No. 8, pp. 499-506.
20. Stolyarov A.I., Donetskaya Yu.V., Gatchin Yu.A. Osobennosti SAPR pri proektirovanii kompleksa [Features of CAD in the design of the complex], *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University], 2018, No. 7 (138), pp. 88-95.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. профессор А.Г. Коробейников.

Лебедев Борис Константинович – Южный федеральный университет; e-mail: lebedev.b.k@gmail.com; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 89282897933; кафедра систем автоматизированного проектирования; профессор.

Лебедев Олег Борисович – e-mail: lebedev.ob@mail.ru; тел.: 89085135512; кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

Лебединский Александр Евгеньевич – e-mail: lebedev.ob@mail.ru; тел.: 89034359392; кафедра систем автоматизированного проектирования; аспирант.

Lebedev Boris Konstantinovich – Southern Federal University; e-mail: lebedev.b.k@gmail.com; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +7928-2897933; the department of computer aided design; professor.

Lebedev Oleg Borisovich – e-mail: lebedev.ob@mail.ru; phone: +79085135512; the department of computer aided design; associate professor.

Lebedinsky Alexander Evgenievich – e-mail: lbedevakate@mail.ru; phone: +79289591426; the department of computer aided design; graduate student.

УДК 004.891.3

DOI 10.23683/2311-3103-2019-3-110-121

И.А. Тарасова

ЗАДАНИЕ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ТЕРМОВ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗИРОВОК МЕДИКАМЕНТОВ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ПРЕЭКЛАМПСИИ БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН

Проблема преэклампсии беременных женщин является одной из актуальных в современном акушерстве, так как это заболевание является наиболее распространенным и тяжелым осложнением беременности, а проблема лечения тяжелых форм преэклампсии – одна из самых трудных в акушерской анестезиологии и реаниматологии. Высокая частота материнской и перинатальной заболеваемости и смертности основана на отсутствии точных знаний о патогенезе заболевания, который зависит от множества предрасполагающих факторов, достоверных диагностических критериев, что ведет к неадекватной терапии и различным осложнениям, зависящим от своевременности и метода родоразрешения, объема анестезиологической и реанимационной помощи. Учитывая высокую распространенность преэклампсии в России, а также отсутствие тенденции к снижению, целью работы является повышение эффективности проведения лечебной терапии при гипертензивных осложнениях беременности. Анализ процесса диагностики и введения медикаментов при лечении преэклампсии беременных женщин, который характеризуется нели-

нейными зависимостями, привел к необходимости разработки методов задания многомерных функций принадлежности термов лингвистических переменных. Для случаев, когда функциональная зависимость заранее известна, в работе выделены основные типы аналитических функций принадлежности нескольких аргументов: гиперболоидная, конусообразная, колоколообразная, эллипсоидная, пирамидальная, трапециевидная. Для случаев, когда задание функций принадлежности термов лингвистических переменных аналитически является невозможным, разработан новый метод построения функций принадлежности, который в отличие от существующих, позволяет задавать многомерные функции принадлежности на основе ретроспективных данных, а также снизить влияние субъективности эксперта за счет автоматизации процесса с применением нечеткой кластеризации.

Преэклампсия беременных женщин; диагностика; функция принадлежности нескольких аргументов; метод; нечеткая кластеризация.

I.A. Tarasova

SETTING THE MEMBERSHIP FUNCTIONS OF LINGUISTIC VARIABLES THERMES IN THE TASK OF DETERMINATION THE DOSING OF MEDICATIONS IN THE TREATMENT OF THE PREECLAMPSIA OF PREGNANT WOMEN

The problem of preeclampsia in pregnant women is one of the pressing problems in modern obstetrics, as this disease is the most common and severe complication of pregnancy, and the problem of treating severe forms of preeclampsia is one of the most difficult in obstetric anesthesiology and resuscitation. The high incidence of maternal and perinatal morbidity and mortality is based on the lack of accurate knowledge of the pathogenesis of the disease, which depends on many predisposing factors, reliable diagnostic criteria, which leads to inadequate therapy and various complications, depending on the timeliness and method of delivery, the amount of anesthesiological and intensive care. Given the high prevalence of pre-eclampsia in Russia, as well as the absence of a downward trend, the aim of the work is to increase the effectiveness of therapeutic therapy for hypertensive complications of pregnancy. Analysis of the process of diagnosis and the introduction of drugs in the treatment of pre-eclampsia in pregnant women, which is characterized by non-linear dependencies, has led to the need to develop methods for specifying the multidimensional membership functions of linguistic variables terms. For cases when the functional dependence is known in advance, the main types of analytical functions of belonging to several arguments are distinguished: hyperboloid, cone-shaped, bell-shaped, ellipsoid, pyramidal, trapezoid. For cases when the assignment of the membership functions of terms of linguistic variables is analytically impossible, a new method of constructing membership functions has been developed, which, unlike the existing ones, allows defining multidimensional membership functions based on retrospective data, as well as reducing the influence of expert subjectivity by automating the process using fuzzy clustering.

Preeclampsia of pregnant women; diagnosis; membership function of several arguments; method; fuzzy clustering.

Введение. Ежегодно в мире беременеют 200 миллионов женщин, почти у 140 миллионов беременность заканчивается родами. Более 500 тысяч женщин умирают от причин, связанных с беременностью и родами. Проблема преэклампсии является одной из актуальных в современном акушерстве, так как это заболевание является наиболее распространенным и тяжелым осложнением беременности, а проблема лечения тяжелых форм преэклампсии – одна из самых трудных в акушерской анестезиологии и реаниматологии. В структуре причин материнских летальных исходов по РФ преэклампсия стабильно занимает третье место и составляет 18–25 %. Высокая частота материнской и перинатальной заболеваемости и смертности основана на отсутствии точных знаний о патогенезе заболевания, который зависит от множества предрасполагающих факторов, достоверных диагностических критериев, что ведет к неадекватной терапии и различным осложнениям, зависящим от своевременности и метода родоразрешения, объема анестезиологической и реанимационной помощи. В связи с этим, исследование методов по-

строения автоматизированных и экспертных систем, использующих современные методы искусственного интеллекта и позволяющих повысить эффективность процесса лечения преэклампсии беременных, является актуальным.

К настоящему времени проведены многочисленные исследования медицинских систем, использующих нечеткую логику. Основные результаты были получены в работах Э. Санчеса, Р. Ягера [1], К. Эдлессинга [2], Е. Тадзаки [3–7], М. Сугэно, Т. Тэрано, К. Асаи [8]. Проблемам формирования искусственного интеллекта в медицине посвящены работы В.А. Хромушина, М.В. Паньшиной, В.И. Даильнева, К.Ю. Китаниной [9–11], В.В. Махалкиной [12], Г.А. Бледжянца, М.А. Саркисяна [13]. Неизученной остается проблема создания системы поддержки принятия решений при определении дозировок медикаментов в процессе лечения преэклампсии беременных женщин, которая позволит реализовать комплексную оценку функционального состояния организма пациентки и, на ее основе, предложит рациональные дозировки медикаментов.

Анализ процесса диагностики и введения медикаментов при лечении гипертензивных осложнений беременности показал, что он характеризуется нелинейными зависимостями. К тому же, при определении лингвистических переменных, имеющих сложную физическую природу, необходимо использовать несколько связанных параметров [14–16]. В результате, использование методов нечеткого управления, которые используют нечеткие переменные с функциями принадлежности одного аргумента, таких как Мамдани, Цукамото, Ларсена, Сугено приводит к потере зависимости между управляющими переменными. Решением данной проблемы является использование термов лингвистических переменных с многомерными функциями принадлежности [17].

В работе предложены новые подходы к заданию термов лингвистических переменных с функциями принадлежности нескольких аргументов. Они включают формирование типовых видов аналитического представления функций многомерных функций принадлежности и разработку метода формирования функций принадлежности нескольких аргументов в табличном виде на основе ретроспективных данных.

Формирование типовых видов аналитического представления функций принадлежности нескольких аргументов. Для аналитического представления многомерных функций принадлежности термов лингвистических переменных $\mu_k^l(\bar{x}_l)$ используется некоторая функциональная зависимость. Такая зависимость может быть задана следующими типами функции принадлежности [18]:

а) гиперболоидная функция принадлежности:

$$\mu_k^l(\bar{x}_l) = \begin{cases} 2 - \sqrt{1 + \sum_{j=1}^n \frac{(x_j^l - x_{kj}^{lo})^2}{(h_{kj}^l)^2}}, & \text{если } \sqrt{1 + \sum_{j=1}^n \frac{(x_j^l - x_{kj}^{lo})^2}{(h_{kj}^l)^2}} < 2, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (1)$$

где x_j^l – значение входной переменной j , которая относится к лингвистической переменной β_i ; x_{kj}^{lo} – j -ое значение центра гиперболоида k -го значения входной лингвистической переменной β_i ; h_{kj}^l – числовые параметры, $h_{kj}^l \neq 0$;

б) конусообразная функция принадлежности:

$$\mu_k^l(\bar{x}_l) = \begin{cases} 1 - \sqrt{\sum_{j=1}^n \frac{(x_j^l - x_{kj}^{lo})^2}{(h_{kj}^l)^2}}, & \text{если } \sqrt{\sum_{j=1}^n \frac{(x_j^l - x_{kj}^{lo})^2}{(h_{kj}^l)^2}} < 1, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (2)$$

где x_j^l – значение входной переменной j , которая относится к лингвистической переменной β_i ; x_{kj}^{lo} – j -ое значение центра конуса k -го значения входной лингвистической переменной β_i ; h_{kj}^l – числовые параметры, $h_{kj}^l \neq 0$;

в) колоколообразная функция принадлежности:

$$\mu_k^l(\bar{x}_l) = \exp\left(-\sum_{j=1}^n \frac{(x_j^l - x_{kj}^{lo})^2}{(h_{kj}^l)^2}\right), \quad (3)$$

где x_j^l – значение входной переменной j , которая относится к лингвистической переменной β_i ; x_{kj}^{lo} – j -ое значение центра колокола k -го значения входной лингвистической переменной β_i ; h_{kj}^l – ненулевые числовые параметры, $h_{kj}^l \neq 0$;

г) эллипсоидная функция принадлежности:

$$\mu_k^l(\bar{x}_l) = \begin{cases} \sqrt{1 - \sum_{j=1}^n \frac{(x_j^l - x_{kj}^{lo})^2}{(h_{kj}^l)^2}}, & \text{если } \sum_{j=1}^n \frac{(x_j^l - x_{kj}^{lo})^2}{(h_{kj}^l)^2} < 1, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (4)$$

где x_j^l – значение входной переменной j , которая относится к лингвистической переменной β_i ; x_{kj}^{lo} – j -ое значение центра эллипсоида k -го значения l -ой входной лингвистической переменной β_i ; h_{kj}^l – числовые параметры, $h_{kj}^l \neq 0$;

д) пирамидальная функция принадлежности:

$$\mu_k^l(\bar{x}_l) = \max \left\{ \left(1 - \sum_{j=1}^n (h_{kj}^l |x_j^l - x_{kj}^{lo}|)\right); 0 \right\}, \quad (5)$$

где x_j^l – значение входной переменной j , которая относится к лингвистической переменной β_i ; x_{kj}^{lo} – j -ое значение центра пирамиды k -го значения входной лингвистической переменной β_i ; h_{kj}^l – числовые параметры, $h_{kj}^l \neq 0$;

е) трапецевидная функция принадлежности:

$$\mu_k^l(\bar{x}_l) = \begin{cases} h_{k0}^l - \sum_{j=1}^n (h_{kj}^l |x_j^l - x_{kj}^{lo}|), & \text{если } 0 \leq (h_{k0}^l - \sum_{j=1}^n (h_{kj}^l |x_j^l - x_{kj}^{lo}|)) \leq 1 \\ 1, & \text{если } (h_{k0}^l - \sum_{j=1}^n (h_{kj}^l |x_j^l - x_{kj}^{lo}|)) > 1 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (6)$$

где x_j^l – значение входной переменной j , которая относится к лингвистической переменной β_i ; x_{kj}^{lo} – j -ое значение центра трапеции k -го значения входной лингвистической переменной β_i ; h_{kj}^l – ненулевые числовые параметры, $h_{k0}^l > 1$.

Тем не менее, в большинстве случаев невозможно выполнить аналитическое задание функций принадлежности, особенно, если количество связанных переменных больше трех. Для таких случаев разработан метод формирования функций принадлежности нескольких аргументов в табличном виде на основе ретроспективных данных.

Метод задания функций принадлежности нескольких аргументов на основе ретроспективных данных. Анализ методов кластеризации показал, что при задании многомерных функций принадлежности с целью снижения влияния субъективности эксперта могут быть использованы методы нечеткой кластеризации. Разработанный метод задания функций принадлежности нескольких аргументов на основе ретроспективных данных состоит из следующих этапов [19–20]:

- ◆ выделение входных и выходных лингвистических переменных $\mathbf{B} = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$ и $\mathbf{W} = \{w_1, w_2, \dots, w_s\}$ и сопоставление им характеристик процесса диагностики и введения медикаментов при лечении преэклампсии беременных женщин;

- ◆ сбор ретроспективных данных;

- ◆ нечеткая кластеризация полученных данных по каждой лингвистической переменной;

- ◆ формирование терм-множества лингвистической переменной.

Исходной информацией являются ретроспективные данные, которые сгруппированы относительно выделенных лингвистических переменных \mathbf{B} и \mathbf{W} и представлены в виде матриц, число которых соответствует количеству лингвистических переменных.

Данные, которые относятся к отдельной лингвистической переменной β_l представляются в следующем виде:

$$X_l = \begin{bmatrix} x_{11}^l & x_{12}^l & \dots & x_{1n}^l \\ x_{21}^l & x_{22}^l & \dots & x_{2n}^l \\ & & \dots & \\ x_{q1}^l & x_{q2}^l & \dots & x_{qn}^l \end{bmatrix}, \quad (7)$$

где X_l – матрица ретроспективных данных, которые относятся к лингвистической переменной β_i ; q – количество экспериментов; n – количество характеристик, сопоставляемых лингвистической переменной β_i .

Далее осуществляется переход от матрицы X_l к нормированной матрице X_l^* с элементами:

$$x_{ij}^{l*} = \frac{x_{ij}^l - \xi_j}{s_j}, \quad (8)$$

где x_{ij}^l – значение j -ой характеристики эксперимента i , относящегося к лингвистической переменной β_i ; ξ_j – среднее значение характеристики j ; s_j – среднее квадратическое отклонение характеристики j :

$$s_j = \sqrt{\frac{1}{q} \sum_{i=1}^q (x_{ij}^l - \xi_j)^2}. \quad (9)$$

Кластерную структуру задает матрица принадлежности M_l :

$$M_l = \begin{bmatrix} \mu_{11}^l & \mu_{12}^l & \dots & \mu_{1q}^l \\ \mu_{21}^l & \mu_{22}^l & \dots & \mu_{2q}^l \\ & & \dots & \\ \mu_{K1}^l & \mu_{K2}^l & \dots & \mu_{Kq}^l \end{bmatrix}, \quad (10)$$

где μ_{ij}^l – степень принадлежности j -го набора данных i -му терму лингвистической переменной β_i .

Матрица принадлежности должна удовлетворять следующим условиям:

- а) $\mu_{kj}^l \in [0, 1]$, $k = \overline{1, K}$, $j = \overline{1, q}$,
- б) $\sum_{k=1}^K \mu_{kj}^l = 1$, $j = \overline{1, q}$,
- в) $0 < \sum_{j=1}^q \mu_{kj}^l < q$, $k = \overline{1, K}$.

Для оценки качества разбиения используется критерий разброса:

$$J_l = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^q (\mu_{kj}^l)^w d(v_k^l, x_j^{l*}), \quad (11)$$

где $d(v_k^l, x_j^{l*})$ – Евклидово расстояние между экспериментом

$$x_j^{l*} = (x_{j1}^{l*}, x_{j2}^{l*}, \dots, x_{jn}^{l*}) \quad (12)$$

и центром кластера

$$v_k^l = (v_{k1}^l, v_{k2}^l, \dots, v_{kn}^l) \quad (13)$$

$w \in (1, \infty)$ – экспоненциальный вес.

Матрица координат центров кластеров V_l представляется в следующем виде:

$$V_l = \begin{bmatrix} v_{11}^l & v_{12}^l & \dots & v_{1n}^l \\ v_{21}^l & v_{22}^l & \dots & v_{2n}^l \\ & & \dots & \\ v_{K1}^l & v_{K2}^l & \dots & v_{Kn}^l \end{bmatrix}. \quad (14)$$

Элементы матрицы координат центров кластеров V_l рассчитываются следующим образом:

$$v_{km}^l = \frac{\sum_{j=1}^q (\mu_{kj}^l)^w x_{jm}^{j*}}{\sum_{j=1}^q (\mu_{kj}^l)^w}, \quad m = \overline{1, n}, k = \overline{1, K}. \quad (15)$$

Для решения задачи нахождения матрицы M_l , которая минимизирует критерий J_l , используется алгоритм нечётких с-средних.

Первым шагом является генерирование матрицы принадлежности M_l , которая удовлетворяет описанным выше условиям. Затем осуществляется процесс вычисления центров кластеров и пересчёта элементов матрицы M_l :

$$\mu_{mj}^l = \begin{cases} \frac{1}{\left((d_{kj}^2) \sum_{m=1}^K \frac{1}{d_{mj}^2} \right)^{\frac{1}{w-1}}} & \text{при } d_{kj} > 0; \\ 1, & \text{при } d_{kj} = 0 \text{ и } m = k; \\ 0, & \text{при } d_{kj} = 0 \text{ и } m \neq k. \end{cases} \quad (16)$$

где $d_{kj} = d(v_k^l, x_j^{j*})$ для $k = \overline{1, K}$, $j = \overline{1, q}$.

Вычисления продолжаются до тех пор, пока изменение матрицы принадлежности M_l не станет меньше заранее заданного параметра ε .

Формирование термов лингвистических переменных β_l осуществляется путем присвоения экспертом полученным кластерам названий. Для каждого из термов

β_{lk} таблично задается функция принадлежности нескольких аргументов в виде матрицы, которая содержит матрицу значений аргументов X_l и столбец значений функции, полученный из соответствующей терму строки матрицы M_l .

Экспериментальные исследования. Все известные механизмы развития и течения преэклампсии указывают на то, что толчком к ее развитию является нарушение процессов адаптации организма матери к возникновению и функционированию организма плода. Несмотря на огромный интерес ученых и практиков к проблемам адаптации, существует лишь небольшое количество исследований, посвященных анализу адаптационных и дизадаптационных реакций при осложненной беременности, который составляет основу успешной профилактики и лечения гестационных осложнений. Анализ мониторинга функционального состояния организма беременных женщин с преэклампсией различной степени тяжести позволил выделить показатели, положенные в основу диагностики и определения дози-

ровок медикаментов при лечении данной патологии [21]. Выделены лингвистические переменные с соответствующей группировкой относящихся к ним характеристикам:

β_1 – параметр α_1 как нелинейный показатель variability сердечного ритма (BCP);

β_2 – уровень бодрствования по омега-потенциалу как индикатор интегральных показателей функционального состояния центральной нервной системы;

β_3 – тип спектра BCP, для определения которого необходимо оценить:

1) отношение значения мощности спектра низкочастотного компонента к значению мощности высокочастотного компонента спектрального вида BCP (LF/HF);

2) отношение значения мощности спектра сверхнизкочастотного компонента к значению мощности высокочастотного компонента спектрального вида BCP (VLF/HF);

3) общую мощность спектра BCP (TP);

4) степень вариативности значений кардиоинтервалов в исследуемом динамическом ряду TINN;

β_4 – тип гемодинамики, для определения которого необходимо оценить:

1) сердечный индекс;

2) общее периферическое сопротивление сосудов.

В качестве примера рассмотрена лингвистическая переменная β_3 . Для определения элементов терм-множеств и их функций принадлежности проведена нечеткая кластеризация на основе собранных ретроспективных данных, которые представляют собой матрицу данных размерности 250×4 . В этом случае матрица данных соответствует 250 обследованиям, для каждого из которых выполнены измерения по 4 показателям. В результате применения нечеткой кластеризации для рассматриваемой переменной было выделено шесть кластеров, образовавших терм-множество $T = \{\text{«оптимальный»}, \text{«бародисфункциональный»}, \text{«ваготонический»}, \text{«депрессивный вариант 1»}, \text{«депрессивный вариант 2»}, \text{«гиперадаптивный»}\}$. В табл. 1 приведена часть полученных значений функции принадлежности для термина «оптимальный».

Полученные термы и их функции принадлежности были положены в основу системы поддержки принятия решений при определении дозировок медикаментов в процессе лечения преэклампсии беременных женщин, что позволило сократить количество правил в базе знаний на 67 % по сравнению с классическим алгоритмом нечеткого вывода Мамдани.

Таблица 1

Значения функции принадлежности для термина «оптимальный» лингвистической переменной β_3

LF/HF	VLF/HF	TP	TINN	μ
0,86	0,092	976	81,4	0,00538519
0,89	0,093	1004	83,1	0,064793687
0,935	0,0945	1046	85,65	0,450265078
0,965	0,0955	1074	87,35	0,795718225
0,98	0,096	1088	88,2	0,913903471
1,055	0,0985	1158	92,45	0,919094108
1,07	0,099	1172	93,3	0,876758589
3,275	0,275	1025	68,5	0,306731511
3,38	0,28	1036	69,2	0,439777041
4,03	0,34	476	42,55	0,000865386

Использование результатов работы позволило за счет уменьшения времени для установления диагноза врачом увеличить количество тяжелых пациентов, обслуживаемых одним врачом-реаниматологом, с 2-3 до 6 пациентов, что на основе средних оценок составляет около 140 процентов.

Заключение. В данной работе рассмотрена задача повышения эффективности проведения лечебной терапии при гипертензивных осложнениях беременности.

Анализ процесса диагностики и введения медикаментов при лечении преэклампсии беременных женщин привел к необходимости разработки методов задания функций принадлежности нескольких переменных. Предложены основные типы аналитических функций принадлежности нескольких аргументов, разработан новый метод построения функций принадлежности, который в отличие от существующих, позволяет задавать многомерные функции принадлежности термов лингвистических переменных на основе ретроспективных данных, снизив влияние субъективности эксперта за счет автоматизации процесса с применением нечеткой кластеризации. Результаты численного исследования показали эффективность разработанного метода, позволяющего сохранить нелинейные взаимосвязи между показателями состояния организма пациентки. Применение системы поддержки принятия решений при определении дозировок медикаментов в процессе лечения преэклампсии беременных женщин, использующей метод задания функций принадлежности нескольких аргументов, позволило сократить нагрузку на врача, повысив его продуктивность на 140 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sanchez E. et al. Linguistic approach in fuzzy logic of W. H. O. classification of dyslipoproteinemias // Fuzzy set and theory recent development. – Yager ed. Pergamon, 1982. – P. 582-588.
2. Adlassing K.P. Fuzzy set theory in medical diagnosis // DEEE Trans. – Vol. SMC-16. – No. 2. – P. 260-265.
3. Tazaki E. et al. Development of automated health testing and services system via fuzzy reasoning // Proc. IEEE Inc. Conf. on SMC – 1986. – P. 342-346.
4. Tazaki E. et al. Medical diagnosis using simplified multi-dimensional fuzzy reasoning // Proc. IEEE Int. Conf. on SMC. – 1988.
5. Тадзаки Е. и др. Система баз медицинских данных с блоком выводов. Ч. 1. Введение искусственного интеллекта в процесс оценки результатов массового медицинского освидетельствования // Сб. тезисов 7-го симпозиума по медицинской информатике. – Токио, 1988. – С. 377-380.
6. Тадзаки Е. и др. Система баз медицинских данных с блоком выводов. Ч. 2. Введение искусственного интеллекта в процесс оценки риска для здоровья информации о здравоохранении // Сб. тезисов 7-го симпозиума по медицинской информатике. – Токио, 1988. – С. 385-388.
7. Тадзаки Е. Нечеткие экспертные системы // Сури кагаку. – 1987. – № 284. – С. 46-54.
8. Прикладные нечеткие системы: пер. с япон. К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др. / под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугено. – М.: Мир, 1993.
9. Хромушин В.А., Паньшина М.В., Дашильнев В.И., Китанина К.Ю., Хромушин О.В. Построение экспертной системы на основе алгебраической модели конструктивной логики на примере гестозов // Вестник новых медицинских технологий. – 2013. – № 1. Публикация 1-1. – <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/ExpSys.pdf>.
10. Хромушин В.А. Сравнительный анализ алгебраической модели конструктивной логики // Вестник новых медицинских технологий. – 2013. – № 1. Публикация 1-19. – <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4500.pdf>.
11. Хромушин В.А., Хадарцев А.А., Бучель В.Ф., Хромушин О.В. Алгоритмы и анализ медицинских данных: учеб. пособие. – Тула: Изд-во «Тульский полиграфист», 2010. – 123 с.

12. Махалкина В.В. Обработка слабоструктурированной информации при построении базы знаний экспертной системы микроэлементных нарушений у человека: автореф. канд. биол. наук. – Тула: ТулГУ, 2009. – 23 с.
13. Бледжянц Г.А., Саркисян М.А., Исакова Ю.А., Туманов Н.А., Попов А.Н., Бегмуродова Н.Ш. Ключевые технологии формирования искусственного интеллекта в медицине // Ремедиум. – 2015. – № 12. – С. 10-15.
14. Тарасова И.А. Нечеткое управление процессом введения медикаментов при лечении гипертензивных осложнений беременности // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 6/3(60). – С. 12-15.
15. Тарасова И.А. Нечеткое управление на основе переменных с многомерными функциями принадлежности в диагностике и лечении гипертензивных осложнений беременности // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2012. – № 4. – С. 169-173.
16. Шушура А.Н., Тарасова И.А. Нечеткое управление на основе термов с функциями принадлежности нескольких аргументов в диагностике и лечении гипертензивных осложнений беременности // Матер. XIV Международной научно-технической конференции «Искусственный интеллект. Интеллектуальные системы» пос. Кацивели, 23-27 сентября 2013 г. – Донецк: ИПИИ «Наука і освіта», 2013. – С. 219-222.
17. Шушура А.Н., Тарасова И.А. Метод нечеткого управления на основе переменных с многомерными функциями принадлежности // Искусственный интеллект. – 2010. – № 1. – С. 122-128.
18. Тарасова И.А. Разработка подходов к заданию многомерных функций принадлежности термов лингвистических переменных в задачах нечеткого управления // Отраслевые аспекты технических наук. – 2014. – Вып. 2 (38). – С. 11-22. – Режим доступа: http://www.branch-aspects-of-technical-sciences.ingnpublishing.com/archive/2014/vypusk_2_38_mart-aprel_release_2_38_march-april/tarasova_i_a_razrabotka_podhodov_k_zadaniyu_mnogomernyh_funkcij_prinadlezhnosti_termov_lingvisticheskikh_perem.
19. Тарасова И.А. Задание многомерных функций принадлежности термов лингвистических переменных на основе нечеткой кластеризации // Матер. докладов V международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Современная информационная Украина: информатика, экономика, философия». Донецк, 12-13 мая 2011 г. – Донецк: ИПИИ «Наука і освіта». – 2011. – Т. 1. – С. 237-240.
20. Шушура А.Н., Тарасова И.А. Способ задания многомерных функций принадлежности термов лингвистических переменных // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2013. – № 1 (26). – С. 39-44.
21. Сидоренко А.В. Интегральный метод оценки функционального состояния организма и контроля эффективности интенсивной терапии беременных с преэклампсией: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – Донецк: Донец. нац. мед. ун-т им. М. Горького, 2013. – 19 с.

REFERENCES

1. Sanchez E. et al. Linguistic approach in fuzzy logic of W. H. O. classification of dyslipoproteinemias, *Fuzzy set and theoryrecent development*. Yager ed. Pergamon, 1982, pp. 582-588.
2. Adlassing K.P. Fuzzy set theory in medical diagnosis, *IEEE Trans*, Vol. SMC-16, No. 2, pp. 260-265.
3. Tazaki E. et al. Development of automated health testing and services system via fuzzy reasoning, *Proc. IEEE Inc. Conf. on SMC*, 1986, pp. 342-346.
4. Tazaki E. et al. Medical diagnosis using simplified multi-dimensional fuzzy reasoning, *Proc. IEEE Int. Conf. on SMC*, 1988.
5. Tadzaki E. et al. Sistema baz meditsinskikh dannykh s blokom vyvodov. Ch. 1. Vvedeniye iskusstvennogo intellekta v protsess otsenki rezul'tatov massovogo meditsinskogo osvidetel'stvovaniya [The system of medical data bases with a terminal block. Part 1. The introduction of artificial intelligence in the process of assessing the results of mass medical examination], *Sb. tezisev 7-go simpoziuma po meditsinskoy informatike* [Collection of abstracts of 7th Symposium on Medical Informatics] Tokyo, 1988, pp. 377-380.

6. *Tadzaki E. et al.* Sistema baz meditsinskikh dannykh s blokom vyvodov. Ch. 2. Vvedeniye iskusstvennogo intellekta v protsess otsenki riska dlya zdorov'ya informatsii o zdavookhraneni [The system of medical data bases with a terminal block. Part 2. The introduction of artificial intelligence in the process of health risk assessment of health information], *Sb. tezisov 7-go simpoziuma po meditsinskoj informatike* [Collection of abstracts of 7th Symposium on Medical Informatics]. Tokyo, 1988, pp. 385-388.
7. *Tadzaki E.* Nechetkiye ekspertnyye sistemy [Fuzzy expert systems], *Suri Kagaku*, 1987, No. 284, pp. 46-54.
8. *Asai K., Vatada D., Iwai S., et al.* Prikladnyye nechetkiye sistemy [Applied Fuzzy Systems]: transl. from Japan. Moscow: Mir, 1993.
9. *Khromushin V.A., Panshina M.V., Dahilnev V.I., Kitanina K.Yu., Khromushin O.V.* Postroyeniye ekspertnoy sistemy na osnove algebraicheskoy modeli konstruktivnoy logiki na primere gestozov [Building an expert system based on an algebraic model of constructive logic using the example of gestosis], *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy* [Bulletin of new medical technologies], 2013, No. 1, publication 1-1. Available at: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/ExpSys.pdf>.
10. *Khromushin V.A.* Sravnitel'nyy analiz algebraicheskoy modeli konstruktivnoy logiki [Comparative analysis of the algebraic model of constructive logic], *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy* [Bulletin of new medical technologies], 2013, No. 1, publication 1-19. Available at: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4500.pdf>.
11. *Khadartsev A.A., Buchel V.F., Khrom O.V.* Algoritmy i analiz meditsinskikh dannykh [Algorithms and analysis of medical data: textbook]. Tula: Izd-vo "Tula printer", 2010, 123 p.
12. *Makhalkina V.V.* Obrabotka slabostrukturirovannoy informatsii pri postroyenii bazy znaniy ekspertnoy sistemy mikroelementnykh narusheniy u cheloveka [Processing of semistructured information when building a knowledge base of an expert system of microelement disorders in humans: Abstract of the cand. of boil. sc.]. Tula: TSU, 2009, 23 p.
13. *Bledzhyants G.A., Sarkisyan M.A., Isakova Yu.A., Tumanov N.A., Popov A.N., Begmurodova N.Sh.* Klyuchevyye tekhnologii formirovaniya iskusstvennogo intellekta v meditsine [Key technologies of artificial intelligence formation in medicine], *Remedium* [Remedium], 2015, No. 12, pp. 10-15.
14. *Tarasova I.A.* Nechetkoye upravleniye protsessom vvedeniya medikamentov pri lechenii gipertenzivnykh oslozhneniy beremennosti [Fuzzy management of the introduction of medications in the treatment of hypertensive complications of pregnancy], *Eastern European journal of advanced technology* [East European Journal of Advanced Technologies], 2012, No. 6/3 (60), pp. 12-15.
15. *Tarasova I. A.* Nechetkoye upravleniye na osnove peremennykh s mnogomernymi funktsiyami prinadlezhnosti v diagnostike i lechenii gipertenzivnykh oslozhneniy beremennosti [Fuzzy control based on variables with multidimensional membership functions in the diagnosis and treatment of hypertensive complications of pregnancy], *Radioelektronnyye i kompyuternyye sistemy* [Radioelectronic and computer systems], 2012, No. 4, pp. 169-173.
16. *Shushura A.N., Tarasova I.A.* Nechetkoye upravleniye na osnove termov s funktsiyami prinadlezhnosti neskol'kikh argumentov v diagnostike i lechenii gipertenzivnykh oslozhneniy beremennosti [Fuzzy control based on terms with the membership functions of several arguments in the diagnosis and treatment of hypertensive complications of pregnancy], *Mater. XIV Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Iskusstvennyy intellekt. Intellektual'nye sistemy» pos. Katsiveli, 23-27 sentyabrya 2013 g.* [Materials of the XIV International Scientific and Technical Conference "Artificial Intelligence. Intellectual systems", pos. Katsiveli, September 23-27, 2013]. Donetsk, IPAI "Nauka i osvita", pp. 219-222.
17. *Shushura A.N., Tarasova I.A.* Metod nechetkogo upravleniya na osnove peremennykh s mnogomernymi funktsiyami prinadlezhnosti [Fuzzy control method based on variables with multidimensional membership functions], *Iskusstvennyy intellekt* [Artificial Intelligence], 2010, No. 1, pp. 122-128.
18. *Tarasova I. A.* Razrabotka podkhodov k zadaniyu mnogomernykh funktsiy prinadlezhnosti termov lingvisticheskikh peremennykh v zadachakh nechetkogo upravleniya [Development of approaches to task the multidimensional membership functions of linguistic variables terms in problems of fuzzy control], *Otraslevyye aspekty tekhnicheskikh nauk* [Branch Aspects of Technical Sciences], 2014, No. 2 (38), pp. 11-22. Available at: http://www.branch-aspects-of-technical-sciences.ingnpublishing.com/archive/2014/vypusk_2_38_mart-aprel_release_2_38_march-april/tarasova_i_a_razrabotka_podkhodov_k_zadaniyu_mnogomernykh_funktsiy_prinadlezhnosti_termov_lingvisticheskikh_perem.

19. *Tarasova I.A.* Zadaniye mnogomernykh funktsiy prinadlezhnosti termov lingvisticheskikh peremennykh na osnove nechetkoy klasterizatsii [Setting multidimensional membership functions of terms of linguistic variables based on fuzzy clustering], *Mater. dokladov V mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov, studentov «Sovremennaya informatsionnaya Ukraina: informatika, ekonomika, filosofiya».* Donetsk, 12-13 maya 2011 g. [Materials of the V International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Postgraduates, Students “Modern Information Ukraine: Informatics, Economics, Philosophy”, Donetsk, May 12-13, 2011]. Donetsk: IPAI "Nauka i osvita", pp. 237-240.
20. *Shushura A.N., Tarasova I.A.* Sposob zadaniya mnogomernykh funktsiy prinadlezhnosti termov lingvisticheskikh peremennykh [Method of specifying the multidimensional membership functions of linguistic variables terms], *Informatsiyi tekhnologii ta komp'yuterna inzheneriya*, 2013, No. 1 (26), pp. 39-44.
21. *Sidorenko A.V.* Integral'nyy metod otsenki funktsional'nogo sostoyaniya organizma i kontrolya effektivnosti intensivnoy terapii beremennykh s preeklampsiyey [Integral method for assessing the functional state of an organism and monitoring the effectiveness of intensive care for pregnant women with preeclampsia]: Abstract of the dissertation for the degree of candidate of medical sciences. Donetsk: National Medical University named after M. Gorky. – Donetsk, 2013. – 19 p.

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н. С.П. Дегтярев.

Тарасова Ирина Александровна – ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»; e-mail: i_a_tarasova@mail.ru; 283001, Донецк, ул. Артема, 58; тел.: +380955212396; кафедра искусственного интеллекта и системного анализа; старший преподаватель.

Tarasova Irina Alexandrovna – Donetsk National Technical University; e-mail: i_a_tarasova@mail.ru; 58, Artema Street, Donetsk, 283001, DPR; phone: +380955212396; the department of artificial intelligence and systems analysis; senior lecturer.