REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ISSN 2224-5227
Volume 1, Number 1 (2015), 20 –29

UDK 681.32 2

METHOD OF TRANSFORMATION OF LINGUISTIC VARIABLES THERMS IN THE TASKS OF ANALYSIS AND EVALUATION OF INFORMATION SECURITY RISKS

A.G. Korchenko[1], S.V. Kazmirchuk[1], S.A. Gnatyuk[1], N.A. Seilova[2], K. Mukapil[2]

[1]National Aviation University, Kiev, Ukraine
[2]Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

Key words: risk analysis, transformation on fuzzy numbers, linguistic variables.

Abstract. The work is devoted to the development the method of conversion of standards parameters for systems analysis and evaluation of information security risks. This will contribute to the further development of methods of transformation of therms and expand their opportunities to use triangular fuzzy numbers. The presented method allows to realise the equivalent transformation of linguistic variables through the establishment of standards of parameters with the possibility of varying the number of therms of the trapezoidal fuzzy numbers and to improve the flexibility of the developed assessment tools that are based on the logical-linguistic approach.

УДК 681.32 2

МЕТОД ТРАНСФОРМИРОВАНИЯ ТЕРМОВ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА И ОЦЕНИВАНИЯ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А.Г. Корченко[1], С.В. Казмирчук[1], С.А. Гнатюк[1], Н.А. Сейлова[2], К. Мукапил[2]
kaiyrkhan@mail.ru
[1]Национальный авиационный университет, Киев, Украина
[2]Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: анализ рисков, трансформирование нечеткими числами, лингвистические переменные.

Аннотация. Работа посвящена разработке метода преобразования эталонов параметров для систем анализа и оценивания рисков информационной безопасности. Это будет способствовать дальнейшему развитию методов трансформирования термов и расширит их возможности по использованию треугольных нечетких чисел. Представленный метод позволяет осуществлять эквивалентное преобразование лингвистических переменных посредством создания эталонов параметров с возможностью варьирования числом термов трапециевидных нечетких чисел и позволяет повысить гибкость разрабатываемых средств оценивания, которые основываются на логико-лингвистическом подходе.

Введение. Для реализации процесса анализа и оценивания рисков (АОР), как одного из этапов при построении комплексной системы защиты информации и системы менеджмента

информационной безопасности, предлагается использовать новые программные решения соответствующих систем оценивания [1-3], которые основаны на логико-лингвистическом подходе [7, 8], известных методах [3, 6], методологии синтеза систем АОР потерь информационных ресурсов [3, 5] и модели интегрированного представления параметров риска [3, 4]. Указанные программные решения дают возможность на практике осуществлять оценивание при различных исходных величинах, а также учитывать возможность четкого детермеинирования экспертом оцениваемых параметров и условия, когда эксперт сомневается в однозначности своих приоритетов [7, 8].

В соответствующих системах, при оценивании в нечетких условиях для интерпретации описаний естественного языка используют лингвистические переменные (ЛП), например, ***DR***=«СТЕПЕНЬ РИСКА», с определенным количеством термов, которые отображаются нечеткими числами (НЧ) относительно интервалов значений, количество которых зависит от числа используемых термов. В практическом использовании указанных систем возникают ситуации, при которых удобно для анализа и оценивания рисков применять эталонны с другим количеством термов. При этом следует осуществить их переопределение, для чего необходимо привлекать экспертов соответствующей предметной области, что в реальных условиях есть достаточно проблематичным. В связи с этим, актуальной является задача эквивалентного преобразования ЛП посредством создания эталонов параметров с возможностью варьирования числом термов.

Решать поставленную задачу предлагается с помощью метода, в основе которого заложена аналитическая функция, позволяющая осуществлять трансформирование значений термов ЛП, посредством соответствующего эквивалентного преобразования.

Как уже было отмечено в работах [1-3, 6], для интерпретации нечетких описаний можно использовать ЛП ***DR*** = «СТЕПЕНЬ РИСКА» ($\boldsymbol{DR} \in \{\boldsymbol{DR}_j\}$), которая определяется кортежем [3, 6-8] $<\boldsymbol{DR}, T_{DR}, X_{DR}>$. Здесь базовые терм-множества задаются m термами:

$$T_{DR}^{(m)} = \bigcup_{j=1}^{m} T_{DR_j} = \{T_{DR_1}, \ldots, T_{DR_j}, \ldots, T_{DR_m}\}, \qquad (1)$$

где (m) – идентификатор, указывающий на общее количество термов в ***DR***.

Из этого следует, что соответствующая ЛП ***DR*** отображается m термами $T_{DR}^{(m)}$, обозначается $\boldsymbol{DR}^{(m)}$ и является m-мерной. Так, например, зададим 5-мерную (m=5) ЛП $\boldsymbol{DR}^{(5)}$ термами: $T_{DR}^{(5)} = \bigcup_{j=1}^{5} T_{DR_j} = \{$«Незначительный риск нарушения информационной безопасности (ИБ)» (НР), «Степень риска нарушения ИБ низкая» (РН), «Степень риска нарушения ИБ средняя» (РС), «Степень риска нарушения ИБ высокая» (РВ), «Предельный риск нарушения ИБ» (ПР)$\}$, которые представим трапециевидными НЧ с функциями принадлежности (ФП) соответственно $\mu_1(dr)$, …, $\mu_j(dr)$, …, $\mu_m(dr)$, вычисляемые по следующему выражению [7]:

$$\mu_j(dr) = \begin{cases} L\left(\dfrac{b_{1j} - dr}{b_{1j} - a_j}\right), & dr \in [a_j, b_{1j}]; \\ 1, & dr \in [b_{1j}, b_{2j}]; \\ R\left(\dfrac{dr - b_{2j}}{c_j - b_{2j}}\right), & dr \in [b_{2j}, c_j], \end{cases}$$

где $a_j \le b_{1j} \le b_{2j} \le c_j$, при $j = \overline{1,m}$, $\{a_1\ c_m\} = \{\varnothing\}$, а $L(dr)$, $R(dr)$ – функции (невозрастающие на множестве не положительных чисел), которые удовлетворяют свойствам:

$L(-dr) = L(dr)$, $R(-dr) = R(dr)$, $L(0) = R(0) = 1$.

Для целей компактного представления трапециевидные ФП $\mu(dr)$ удобно описывать НЧ в виде:

$\underset{\sim}{X}_{DR} = (a, b_1, b_2, c)_{LR}$,

где a и c – абсциссы нижнего основания, а b_1 и b_2 – абсциссы верхнего основания трапеции (например, см. рис. 1, *а*), задающей $\mu(dr)$ в области с ненулевой принадлежностью носителя dr соответствующему нечеткому подмножеству [8].

Для каждого из термов $T_{DR1}, \ldots, T_{DRj}, \ldots, T_{DRm}$ задается свой интервал значений $[dr_{min}; dr_1[, \ldots,$ $[dr_j; dr_{j+1}[, \ldots, [dr_m; dr_{max}]$ ($j = \overline{1,m}$), а каждый терм ЛП отображается посредствам НЧ, пример которых приведен в таблице 1.

Таблица 1- Пример эталонных трапециевидных НЧ при m=5

Тип распределения НЧ ЛП **DR**	НЧ T_{DR_j} = $(a_j, b_{1j}, b_{2j}, c_j)_{LR}$ ($j=\overline{1,5}$)				
	T_{DR_1}	T_{DR_2}	T_{DR_3}	T_{DR_4}	T_{DR_5}
Равномерное	$(0; 0; 11,11; 22,22)_{LR}$	$(11,11; 22,22; 33,33; 44,44)_{LR}$	$(33,33; 44,44; 55,55; 66,66)_{LR}$	$(55,55; 66,66; 77,77; 88,88)_{LR}$	$(77,77; 88,88; 99,99; 100)_{LR}$
Неравномерное	$(0; 0; 0; 20)_{LR}$	$(30; 30; 50; 50)_{LR}$	$(60; 60; 65; 65)_{LR}$	$(75; 75;85; 85)_{LR}$	$(95; 97; 100; 100)_{LR}$
Возрастающее	$(0; 0; 3; 8)_{LR}$	$(3; 8; 15; 24)_{LR}$	$(15; 24; 35; 48)_{LR}$	$(35; 48; 63; 80)_{LR}$	$(63; 80; 100; 100)_{LR}$
Убывающее	$(0; 0; 20; 37)_{LR}$	$(20; 37; 52; 65)_{LR}$	$(52; 65; 76; 85)_{LR}$	$(76; 85; 92; 97)_{LR}$	$(92; 97; 100; 100)_{LR}$

Для эквивалентного преобразования m-мерных термов НЧ ЛП $\boldsymbol{DR}^{(m)}$ в $\boldsymbol{DR}^{(m-1)}$ предлагается метод трансформирования термов. Пусть исходная ЛП имеет вид: $\boldsymbol{DR}^{(m)}\{T_{DR1}^{(m)} = (a_1^{(m)}; b_{11}^{(m)}; b_{21}^{(m)}; c_1^{(m)})_{LR}, \ldots, T_{DRj}^{(m)} = (a_j^{(m)}; b_{ij}^{(m)}; b_{ij}^{(m)}; c_j^{(m)})_{LR}, \ldots, T_{DRm}^{(m)} = (a_m^{(m)}; b_{im}^{(m)}; b_{im}^{(m)}; c_m^{(m)})_{LR}\}$, а преобразованная – $\boldsymbol{DR}^{(m-1)}\{T_{DR1}^{(m-1)} = (a_1^{(m-1)}; b_{11}^{(m-1)}; b_{21}^{(m-1)}; c^{(m-1)})_{LR}, \ldots, T_{DRj}^{(m-1)} = (a_j^{(m-1)}; b_{ij}^{(m-1)}; b_{ij}^{(m-1)}; c_j^{(m-1)})_{LR}, \ldots, T_{DRm-1}^{(m-1)} = (a_{m-1}^{(m-1)}; b_{im-1}^{(m-1)}; b_{im-1}^{(m-1)}; c_{m-1}^{(m-1)})_{LR}\}$ ($j = \overline{1,m}$, $i = \overline{1,2}$), тогда функцию трансформирования ЛП на минус один порядок обозначим через FT^{-1}*(ЛП)*. Тогда, например, понижение $\boldsymbol{DR}^{(m)}$ на один порядок можно представить как:

$$\boldsymbol{DR}^{(m-1)} = FT^{-1}(\boldsymbol{DR}^{(m)}). \tag{2}$$

Заданная функция реализуется посредством следующих аналитических преобразований:

для $T_{DR_1^{(m-1)}}$ –

$$a_1^{(m-1)} = k_1^{(m-1)}(a_1^{(m)} + a_2^{(m)} - A^{(m-1)})/2;$$

$$c_1^{(m-1)} = k_1^{(m-1)}(c_1^{(m)} + c_2^{(m)} - A^{(m-1)})/2; \tag{3}$$

$$b_{11}^{(m-1)} = k_2^{(m-1)}(b_{11}^{(m)} + b_{12}^{(m)} - B^{(m)})/2;$$

…

для $T_{DR_j^{(m-1)}}$ –

$$a_j^{(m-1)} = k_1^{(m-1)}(a_j^{(m)} + a_{j+1}^{(m)} - A^{(m-1)})/2;$$

$$c_j^{(m-1)} = k_1^{(m-1)}(c_j^{(m)} + c_{j+1}^{(m)} - A^{(m-1)})/2; \tag{4}$$

$$b_{ij}^{(m-1)} = k_2^{(m-1)}(b_{ij}^{(m)} + b_{ij+1}^{(m)} - B^{(m-1)})/2;$$

…

для $T_{DR_{m-1}^{(m-1)}}$ –

$$a_{m-1}^{(m-1)} = k_1^{(m-1)}(a_{m-1}^{(m)} + a_m^{(m)} - A^{(m-1)})/2;$$

$$c_{m-1}^{(m-1)} = k_1^{(m-1)}(c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)} - A^{(m-1)})/2; \tag{5}$$

$$b_{im-1}^{(m-1)} = k_2^{(m-1)}(b_{im-1}^{(m)} + b_{im}^{(m)} - B^{(m-1)})/2,$$

где $k_1^{(m-1)} = 2c_{dr}/(c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)} - A^{(m-1)})$; $A^{(m-1)} = a_1^{(m)} + a_2^{(m)}$ ($c_{dr} = dr_{\max}$; $j = \overline{1,m}$, m – количество термов; a и c – абсциссы нижнего основания); $k_2^{(m-1)} = 2b_{dr} / (b_{2m-1}^{(m)} + b_{2m}^{(m)} - B^{(m-1)})$; $B^{(m-1)} = b_{11}^{(m)} + b_{12}^{(m)}$ ($b_{dr} = dr_{\max}$; ($i = \overline{1,2}$) b_{1j} и b_{2j} – абсциссы верхнего основания трапеции).

С помощью этого метода после осуществления процесса трансформирования посредством функции FT^{-1}(*ЛП*), получаем эквивалентную ЛП, отличающуюся от исходной количеством и значениями термов, но при этом сохраняется ее смысловое содержание, отражающее исходные суждения экспертов.

Покажем работу предложенного метода на конкретных примерах с различным типом распределения НЧ по оси *dr*.

Пример 1. Воспользуемся равномерно распределенными по оси *dr* НЧ, т.е. для которых будет истинным условие равномерности: $\Omega_p =$

$$\bigwedge_{j=1}^{m-1} (b_{2j}-b_{1j}=b_{2j+1}-b_{1j+1}) \bigwedge_{j=1}^{m-2} (b_{1j+1}-b_{2j}=b_{1j+2}-b_{2j+1}), \qquad (6)$$

где Ω_p – бинарная функция, принимающая значения 0 или 1 (при Ω_p=1 – условие истинно, в противном случае Ω_p=0 – ложно), а выражение со знаком «=» используется для выполнения проверки на равенство или приблизительное равенство двух разностей, если оно истинно, то выражение эквивалентно логической единице, в противном случае – нулю. Равномерное распределение НЧ характерно для эталонных значений ЛП, все термы которых отражают одинаковое предпочтение эксперта относительно оценочного параметра [4,10].

Например, пусть для данной ЛП при *m*=5 НЧ принимают следующие значения: T_{DR_1} = (0; 0; 11,11; 22,2)$_{LR}$; T_{DR_2} = (11,11; 22,2; 33,33; 44,44)$_{LR}$ и т.д. (все числовые данные для равномерно распределенных НЧ приведены в таблице 1). Проверим условие равномерности:

Ω_p = *(b21 - b11 = b22 - b12) Λ (b22 - b12 = b23 - b13) Λ (b23 – b13 = b24 - b14) Λ (b24 - b14 = b25 - b15) Λ (b12 - b21 = b13 - b22) Λ (b13 - b22 = b14 - b23) Λ (b14 - b23 = b15 - b24) = (11,11 - 0 = 33,33 - 22,22) Λ (33,33 - 22,22 = 55,55 - 44,44) Λ (55,55 - 44,44 = 77,77 - 66,66) Λ (77,77 - 66,66 = 99,99 - 88,88) Λ (22,22 - 11,11 = 44,44 - 33,33) Λ (44,44 - 33,33 = 66,66 - 55,55) Λ (66,66 - 55,55 = 88,88 - 77,77) = 1 Λ 1 Λ 1 Λ 1 Λ 1 Λ 1 Λ 1 = 1.* Как видим условие равномерности истинно, значит НЧ ЛП $\boldsymbol{DR}^{(5)}$ соответствует равномерному распределению.

Далее выполним, в соответствие с выражениями (3)-(5), преобразование (2) т.е. $\boldsymbol{DR}^{(4)} = FT^{-1}(\boldsymbol{DR}^{(5)})$. В результате трансформирования термов ЛП, получим, например, для $\boldsymbol{DR}^{(4)}$ следующие значения: $T_{DR}^{(4)} = \bigcup_{j=1}^{4} T_{DR_j}$ = {«Незначительный риск нарушения ИБ» (НР), «Степень риска нарушения ИБ средняя» (РС), «Степень риска нарушения ИБ высокая» (РВ), «Предельный риск нарушения ИБ» (ПР)}, (7)

числовые эквиваленты, которых интерпретируются как: для T_{DR_1} – $A^{(4)} = a_1^{(5)} + a_2^{(5)} = 0 + 11,11 = 11,11$; $k_1^{(4)} = 2 * 100 / (c_4^{(5)} + c_5^{(5)} - A^{(4)}) = 200 / (88,88 + 100 - 11,11) = 1,125$; $a_1^{(4)} = k_1^{(4)} (a_1^{(5)} + a_2^{(5)} - A^{(4)}) / 2 = 1,125 (0 + 11,11 - 11,11) / 2 = 0$; $c_1^{(4)} = k_1^{(4)} (c_1^{(5)} + c_2^{(5)} - A^{(4)}) / 2 = 1,125 (22,2 + 44,44 - 11,11) / 2 = 31,24$; $B^{(4)} = b_{11}^{(5)} + b_{12}^{(5)} = 0 + 22,2 = 22,2$; $k_2^{(4)} = 2b_{dr} / (b_{24}^{(5)} + b_{25}^{(5)} - B^{(4)}) = 2 * 100 / (177,77 - 22,2) = 1,29$; $b_{11}^{(4)} = k_2^{(4)} (b_{11}^{(5)} + b_{12}^{(5)} - B^{(4)}) / 2 = 1,29 (0 + 22,2 - 22,2) / 2 = 0$; $b_{21}^{(4)} =$

$k_2^{(4)}$ $(b_{21}^{(5)} + b_{22}^{(5)} - B^{(4)}) / 2 = 1,29\ (11,11 + 33,33 - 22,2) /2 = 14,29;$

для T_{DR_2} – $a_2^{(4)} = k_1^{(4)}\ (a_2^{(5)} + a_3^{(5)} - A^{(4)}) / 2 = 1,125\ (11,11 + 33,33 - 11,11) / 2 = 18,75;$ $c_2^{(4)} = k_1^{(4)}\ (c_2^{(5)} + c_3^{(5)} - A^{(4)}) / 2 = 1,125\ (44,44 + 66,66 - 11,11) / 2 = 56,25;$ $b_{12}^{(4)} = k_2^{(4)}\ (b_{12}^{(5)} + b_{13}^{(5)} - B^{(4)}) / 2 = 1,29\ (22,2 + 44,44 - 22,2) / 2 = 28,57;$ $b_{22}^{(4)} = k_2^{(4)}\ (b_{22}^{(5)} + b_{23}^{(5)} - B^{(4)}) / 2 = 1,29\ (33,33 + 55,55 - 22,2) / 2 = 42,86$, *а для* T_{DR_3} *и* T_{DR_4} числовые эквиваленты приведены в табл. 2.

Таким образом, для всех $T_{DR}^{(4)}$ получим значения T_{DR_1} = «НР» = $(a_1, b_{11}, b_{12}, c_1)_{LR}$ = (0; 0; 14,3; 31,24)$_{LR}$; …; T_{DR_4} = «ПР» = $(a_4, b_{41}, b_{42}, c_4)_{LR}$ = $(68,75;\ 85,71;\ 100;\ 100)_{LR}$ (см. таблицу 2), соответствующая графическая интерпретация которых представлена на рисунке 1, *б*.

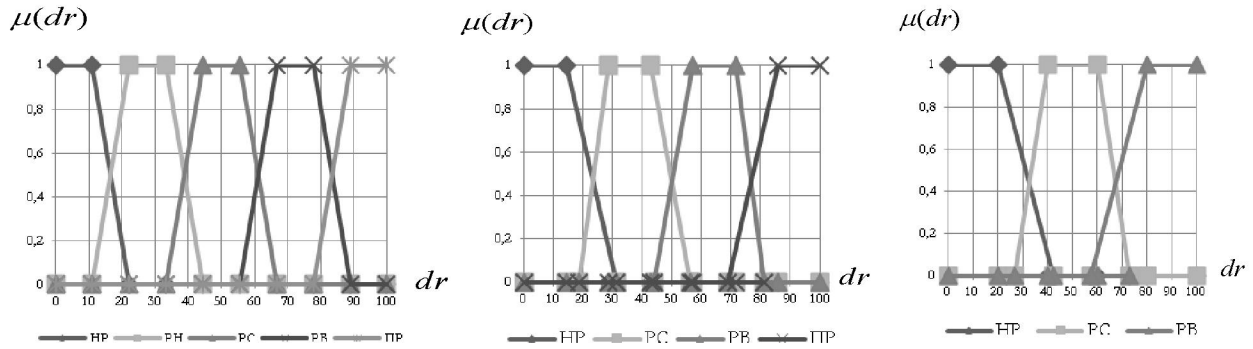


Рисунок 1 – Термы эталонных значений равномерно распределенных НЧ для ЛП

DR: *а)* $T_{DR}^{(5)}$; *б)* $T_{DR}^{(4)}$; *в)* $T_{DR}^{(3)}$

Таблица 2 – Пример эталонных трапециевидных НЧ при m=4

Тип распределения НЧ ЛП **DR**	НЧ T_{DR_j} = $(a_j, b_{1j}, b_{2j}, c_j)_{LR}$ ($j=\overline{1,4}$)			
	T_{DR_1}	T_{DR_2}	T_{DR_3}	T_{DR_4}
Равномерное	(0; 0; 14,29; 31,24)$_{LR}$	(18,75; 28,57; 42,86; 56,25)$_{LR}$	(43,75; 57,14; 71,43; 81,25)$_{LR}$	(68,75; 85,71; 100; 100)$_{LR}$
Неравномерное	(0; 0; 12,9; 25,81)$_{LR}$	(38,71; 38,71; 54,84; 54,84)$_{LR}$	(67,74; 67,74; 77,42; 77,42)$_{LR}$	(90,32; 91,61; 100; 100)$_{LR}$
Возрастающее	(0; 0; 6,45; 16,38)$_{LR}$	(8,47; 15,48; 27,1; 38,98)$_{LR}$	(26,55; 41,29; 58,06; 70,62)$_{LR}$	(53,67; 77,42; 100; 100)$_{LR}$
Убывающее	(0; 0; 22,58; 46,33)$_{LR}$	(29,38; 41,94; 58,71; 73,45)$_{LR}$	(61,02; 72,9; 84,52; 91,53)$_{LR}$	(83,62; 93,55; 100; 100)$_{LR}$

Теперь вычислим условие равномерности для $T_{DR}^{(4)}$ *(m=4):* $\Omega_p = (14,29 - 0 = 42,86 - 28,57)\ \Lambda\ (42,86 - 28,57 = 71,43 - 57,14)\ \Lambda\ (71,43 - 57,14 = 100 - 85,71)\ \Lambda\ (28,57 - 14,29 = 57,14 - 42,86)\ \Lambda\ (57,14 - 42,86 = 85,71 - 71,43) = 1.$

Как видим, так же как и при *m*=5, оно является истинным, что говорит об эквивалентности выполненных преобразований.

Далее аналогичным образом по выражениям (3)-(5) осуществим преобразование (2) при *m*=4 т.е. $\boldsymbol{DR}^{(3)} = FT^{-1}(\boldsymbol{DR}^{(4)})$ с использованием исходных значений НЧ из таблицы 2. В процессе трансформирования термов получаем следующие значения:

$T_{DR}^{(3)} = \bigcup_{j=1}^{3} T_{DR_j}$ = {«Незначительный риск нарушения ИБ» (НР), «Степень риска нарушения ИБ средняя» (РС), «Степень риска нарушения ИБ высокая» (РВ)}, (8)

числовые эквиваленты, которых занесены в табл. 3, а пример вычислений T_{DR_1} и T_{DR_2} представим ниже.

Для T_{DR_1} : $A^{(3)} = a_1^{(4)} + a_2^{(4)} = 18{,}75$; $k_1^{(3)} = 2*100 / (c_3^{(4)} + c_3^{(4)} - A^{(3)}) = 1{,}23$; $a_1^{(3)} = k_1^{(3)} (a_1^{(4)} + a_2^{(4)} - A^{(3)}) / 2 = 0$; $c_1^{(3)} = k_1^{(3)} (c_1^{(4)} + c_2^{(4)} - A^{(3)}) / 2 = 42{,}30$; $B^{(3)} = b_{11}^{(4)} + b_{12}^{(4)} = 28{,}57$; $k_2^{(3)} = 2b_{dr} / (b_{23}^{(4)} + b_{24}^{(4)} - B^{(3)}) = 1{,}4$; $b_{11}^{(3)} = k_2^{(4)} (b_{11}^{(4)} + b_{12}^{(4)} - B^{(3)}) / 2 = 0$; $b_{21}^{(3)} = k_2^{(3)} (b_{21}^{(4)} + b_{22}^{(4)} - B^{(3)}) / 2 = 20$.

Для T_{DR_2} : $a_2^{(3)} = k_1^{(3)} (a_2^{(4)} + a_3^{(4)} - A^{(3)}) / 2 = 26{,}92$; $c_2^{(3)} = k_1^{(3)} (c_2^{(4)} + c_3^{(4)} - A^{(3)}) / 2 = 73{,}08$; $b_{12}^{(3)} = k_2^{(3)} (b_{12}^{(4)} + b_{13}^{(4)} - B^{(3)}) / 2 = 40$; $b_{22}^{(3)} = k_2^{(3)} (b_{22}^{(4)} + b_{23}^{(4)} - B^{(3)}) / 2 = 60$.

Графическая интерпретация полученных эталонов НЧ приведена на рисунке 1, *в*, а условие равномерности (2) при *m=3* будет истинно, т.е. $\Omega_p = 1$.

Таблица 3 – Пример эталонных трапециевидных НЧ при *m=3*

Тип распределения НЧ ЛП **DR**	НЧ $T_{DR_j} = (a_j, b_{1j}, b_{2j}, c_j)_{LR}$ ($j=\overline{1,3}$)		
	T_{DR_1}	T_{DR_2}	T_{DR_3}
Равномерное	$(0; 0; 20; 42{,}30)_{LR}$	$(26{,}92; 40; 60; 73{,}08)_{LR}$	$(57{,}69; 80; 100; 100)_{LR}$
Неравномерное	$(0; 0; 20{,}93; 30{,}23)_{LR}$	$(48{,}84; 48{,}84; 67{,}44; 67{,}44)_{LR}$	$(86{,}05; 86{,}98; 100; 100)_{LR}$
Возрастающее	$(0; 0; 12{,}67; 28{,}92)_{LR}$	$(16{,}38; 28{,}96; 48{,}87; 62{,}37)_{LR}$	$(44{,}25; 72{,}4; 100; 100)_{LR}$
Убывающее	$(0; 0; 27{,}6; 55{,}75)_{LR}$	$(37{,}63; 51{,}13; 71{,}04; 83{,}62)_{LR}$	$(71{,}08; 87{,}33; 100; 100)_{LR}$

Отметим, что для исходных и трансформированных значений термов ЛП $\boldsymbol{DR}^{(m)}$ $(m = \overline{3,5})$ условие равномерности Ω_p является истинным, что говорит об адекватности эквивалентных преобразований ЛП реализуемых предложенным методом (см. рис. 1, *а-в*).

Пример 2. Рассмотрим работу метода на примере неравномерно распределенных по оси *dr* НЧ, т.е. для которых будет истинным условие: $\Omega_H =$

$$\bigvee_{j=1}^{m-1} (b_{2j}-b_{1j} \neq b_{2j+1}-b_{1j+1}) + \bigvee_{j=1}^{m-2} (b_{1j+1}-b_{2j} \neq b_{1j+2}-b_{2j+1}), \qquad (9)$$

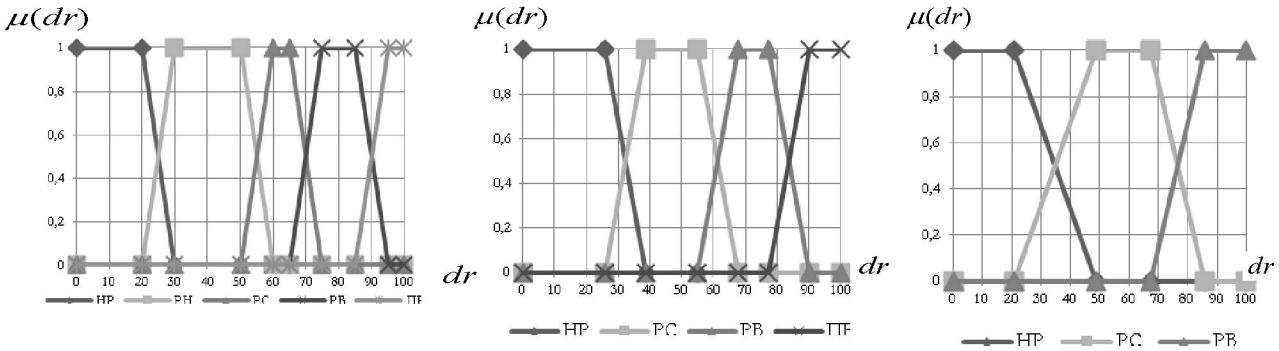
где Ω_H – бинарная функция, принимающая значения 0 или 1 (при Ω_H =1 – условие истинно, в противном случае Ω_H =0 – ложно (см. табл. 1-3 и рис. 2, *а-в*)). Неравномерное распределение НЧ характерно для эталонных значений ЛП в которых хотя бы один терм отражает не одинаковое предпочтение эксперта относительно любого другого терма конкретного оценочного параметра.

Например, пусть для ЛП $\boldsymbol{DR}^{(m)}$ (1) при *m*=5 НЧ принимают значения из табл. 1 для неравномерно распределенных чисел. Проверим условие неравномерности: $\Omega_H = (b_{21} - b_{11} \neq b_{22} - b_{12}) \vee (b_{22} - b_{12} \neq b_{23} - b_{13}) \vee (b_{23} - b_{13} \neq b_{24} - b_{14}) \vee (b_{24} - b_{14} \neq b_{25} - b_{15}) + \vee (b_{12} - b_{21} \neq b_{13} - b_{22}) \vee (b_{13} - b_{22} \neq b_{14} - b_{23}) \vee (b_{14} - b_{23} \neq b_{15} - b_{24}) = (0 - 0 \neq 50 - 30) \vee (50 - 30 \neq 65 - 60) \vee (65 - 60 \neq 85 - 75) \vee (85 - 75 \neq 100 - 97) + \vee (30 - 0 \neq 60 - 50) \vee (60 - 50 = 75 - 65) \vee (75 - 65 \neq 97 - 85) = 1 \vee 1 \vee 1 \vee 1 + \vee 1 \vee 0 \vee 1 = 1$.

Как видим условие неравномерности истинно, это говорит о соответствии НЧ ЛП $\boldsymbol{DR}^{(5)}$ такому типу распределения, как неравномерное.

Далее выполним, в соответствие с выражениями (3)-(5), преобразование (2) при *m*=4, с исходными значениями из табл. 1 для неравномерно распределенных НЧ. В результате трансформирования для $T_{DR}^{(4)}$ (см. (7)) получим значения термов, числовые эквиваленты которых интерпретируются как: для T_{DR_1} – $A^{(4)} = 30$; $k_1^{(4)} = 1{,}29$; $a_1^{(4)} = 0$; $c_1^{(4)} = 25{,}8$; $B^{(4)} = 30$; $k_2^{(4)} = 1{,}29$; $b_{11}^{(4)} = 0$; $b_{21}^{(4)} = 12{,}9$; для T_{DR_2} – $a_2^{(4)} = 38{,}71$; $c_2^{(4)} = 54{,}84$; $b_{12}^{(4)} = 38{,}71$; $b_{22}^{(4)} = 54{,}84$. Для T_{DR_3} и T_{DR_4} числовые эквиваленты приведены в табл. 2.

После проведенных преобразований по выражению (9) вычислим $\Omega_н$ для $T_{DR}^{(4)}$ $(m=4)$: $\Omega_н = (12,9 - 0 \neq 54,84 - 38,71) \vee (54,84 - 38,71 \neq 77,42 - 67,74) \vee (77,42 - 67,74 \neq 100 - 91,61) + \vee (38,71 - 12,9 \neq 67,74 - 54,84) \vee (67,74 - 54,84 \neq 91,61 - 77,42) = 1$. Условие неравномерности, также как и при m=5, является истинно, что говорит об эквивалентности выполненных преобразований.



а) б) в)

Рисунок 2 – Термы эталонных значений неравномерно распределенных НЧ для ЛП

DR: *а)* $T_{DR}^{(5)}$; *б)* $T_{DR}^{(4)}$; *в)* $T_{DR}^{(3)}$

По аналогии согласно (2) осуществим преобразование неравномерно распределенных НЧ для $T_{DR}^{(3)}$ (m=3) (см. (8)) с исходными данными из табл. 2.

В результате получим значения термов, числовые эквиваленты которые занесем в табл. 3. Пример вычислений T_{DR_1} и T_{DR_2} представим ниже: T_{DR_1} – $A^{(3)} = 38,71$; $k_1^{(3)} = 1,44$; $a_1^{(3)} = 0$; $c_1^{(3)} = 30,23$; $B^{(3)} = 38,71$; $k_2^{(3)} = 1,44$; $b_{11}^{(3)} = 0$; $b_{21}^{(3)} = 20,93$; T_{DR_2} – $a_2^{(3)} = 48,84$; $c_2^{(3)} = 67,44$; $b_{12}^{(3)} = 48,84$; $b_{22}^{(3)} = 67,44$.

Графический вид эталонных НЧ представлен на рис. 2, *в*, а условие неравномерности (9) при m=3 истинно, т.е. $\Omega_н = 1$.

При трансформировании ЛП $\boldsymbol{DR}^{(m)}$ с неравномерно распределенными эталонными НЧ, на всех этапах, прослеживается выполнение условия (9), что подтверждает адекватность эквивалентных преобразований ЛП, реализуемых предложенным методом (см. рис. 2, *а-в*).

Пример 3. Покажем работу представленного метода для НЧ, которые имеют возрастающий тип распределения по оси *dr*, т.е. для которого истинным является условие: $\Omega_в =$

$$\bigwedge_{j=1}^{m-1} (b_{2j}-b_{1j}>b_{2j+1}-b_{1j+1}) \bigwedge_{j=1}^{m-2} (b_{1j+1}-b_{2j}>b_{1j+2}-b_{2j+1}), \qquad (10)$$

где $\Omega_в$ – бинарная функция, принимающая значения 0 или 1 (при $\Omega_в$ =1 – условие истинно, в противном случае $\Omega_в$ =0 – ложно).

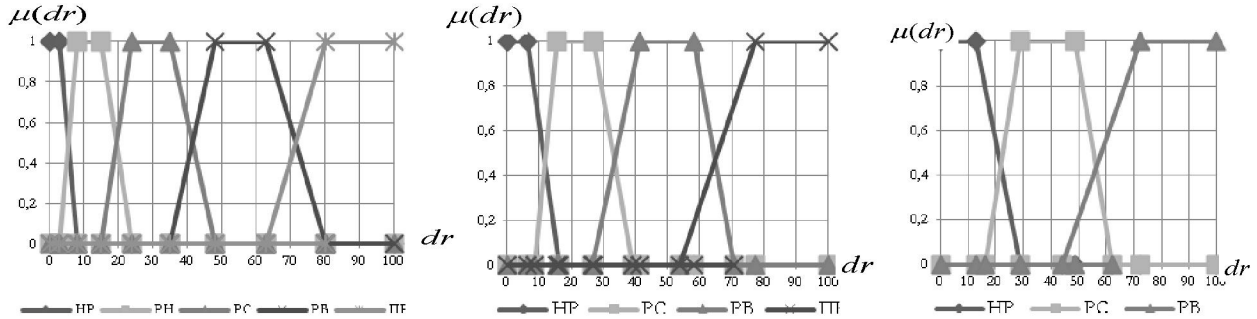
Пусть для ЛП $\boldsymbol{DR}^{(m)}$ при m=5 НЧ принимают значения из табл. 1 и имеют с возрастающий тип распределения чисел, что подтверждается вычислениями для проверки условия (10): $\Omega_в = (b_{21} - b_{11} > b_{22} - b_{12}) \wedge (b_{22} - b_{12} > b_{23} - b_{13}) \wedge (b_{23} - b_{13} > b_{24} - b_{14}) \wedge (b_{24} - b_{14} > b_{25} - b_{15}) \wedge (b_{12} - b_{21} > b_{13} - b_{22}) \wedge (b_{13} - b_{22} > b_{14} - b_{23}) \wedge (b_{14} - b_{23} > b_{15} - b_{24}) = (3 - 0 > 15 - 8) \wedge (15 - 8 > 35 - 24) \wedge (35 - 24 > 63 - 48) \wedge (63 - 48 > 100 - 80) \wedge (8 - 3 > 24 - 15) \wedge (24 - 15 > 48 - 35) \wedge (48 - 35 > 80 - 63) = 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 = 1$.

Как видно, условие (10) истинно, что говорит о соответствии НЧ ЛП возрастающему типу распределения.

По аналогии с примером для равномерно распределенных НЧ произведем, в соответствии с выражениями (3)-(5), преобразования (2) при m=4 и m=3. Для этого воспользуемся исходными

значениями НЧ с возрастающим типом распределения из табл. 1.

В результате чего для $T_{DR}^{(4)}$ и $T_{DR}^{(3)}$ (см. (7) и (8)) получим значения термов, числовые эквиваленты которых занесены в таблицы 3, 4 (см. рис. 3, *а-в*) и интерпретируются для $T_{DR}^{(4)}$ как: T_{DR_1} – $A^{(4)} = 3$; $k_1^{(4)} = 1{,}13$; $a_1^{(4)} = 0$; $c_1^{(4)} = 16{,}38$; $B^{(4)} = 8$; $k_2^{(4)} = 1{,}29$; $b_{11}^{(4)} = 0$; $b_{21}^{(4)} = 6{,}45$; T_{DR_2} – $a_2^{(4)} = 8{,}45$; $c_2^{(4)} = 38{,}98$; $b_{12}^{(4)} = 15{,}48$; $b_{22}^{(4)} = 27{,}1$.



а) б) в)

Рисунок 3 – Термы эталонных значений с возрастающим распределением НЧ для ЛП **DR**: а) $T_{DR}^{(5)}$; б) $T_{DR}^{(4)}$; в) $T_{DR}^{(3)}$

Для $T_{DR}^{(3)}$ как: T_{DR_1} – $A^{(3)} = 8{,}47$; $k_1^{(3)} = 1{,}23$; $a_1^{(3)} = 0$; $c_1^{(3)} = 28{,}92$; $B^{(3)} = 15{,}71$; $k_2^{(3)} = 1{,}4$; $b_{11}^{(3)} = 0$; T_{DR_2} – $a_2^{(3)} = 16{,}38$; $c_2^{(3)} = 62{,}37$; $b_{21}^{(3)} = 12{,}67$; $b_{12}^{(3)} = 28{,}96$; $b_{22}^{(3)} = 48{,}87$.

Далее проверим условие возрастания (10) для $T_{DR}^{(4)}$ *(m=4)*: $\Omega_в = (6{,}45 - 0 > 27{,}1 - 15{,}48) \wedge (27{,}1 - 15{,}48 > 58{,}06 - 41{,}29) \wedge (58{,}06 - 41{,}29 > 100 - 77{,}42) \wedge (15{,}48 - 6{,}45 > 41{,}29 - 27{,}1) \wedge (41{,}29 - 27{,}1 > 77{,}42 - 58{,}06) = 1$ *и для* $T_{DR}^{(3)}$ *(m=3)* – $\Omega_в = 1$.

Как видим, значения $\Omega_в$ является истинным, что говорит об адекватности выполняемых преобразований.

Пример 4. Реализуем трансформирование НЧ, которые имеют убывающий тип распределения по оси *dr*, т.е. для которых истинным является условие: $\Omega_y =$

$$\bigwedge_{j=1}^{m-1} (b_{2j}-b_{1j}<b_{2j+1}-b_{1j+1}) \bigwedge_{j=1}^{m-2} (b_{1j+1}-b_{2j}<b_{1j+2}-b_{2j+1}), \qquad (11)$$

где Ω_y – бинарная функция, принимающая значения 0 или 1 (при Ω_y=1 – условие истинно, в противном случае Ω_y=0 – ложно).

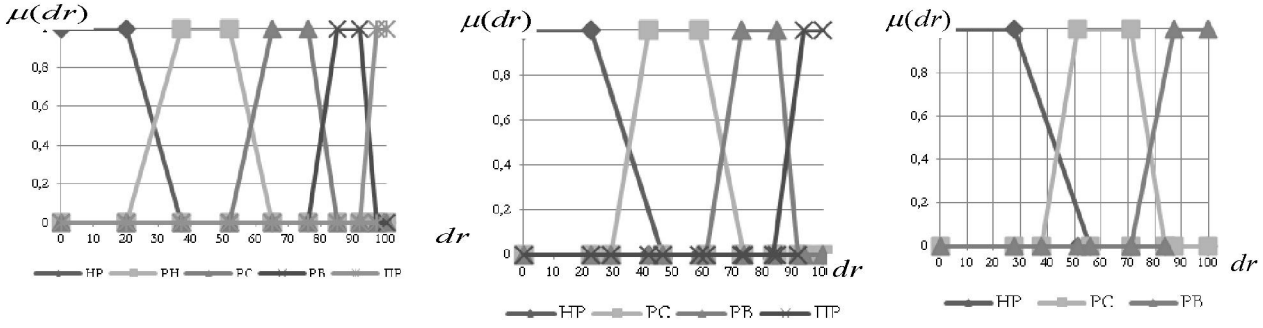
Например, пусть для данной ЛП (1) при *m*=5 НЧ принимают значения из табл. 1 и имеют убывающий тип распределения.

Произведем для них проверку условия (11): $\Omega_y = (b_{21} - b_{11} < b_{22} - b_{12}) \wedge (b_{22} - b_{12} < b_{23} - b_{13}) \wedge (b_{23} - b_{13} < b_{24} - b_{14}) \wedge (b_{24} - b_{14} < b_{25} - b_{15}) \wedge (b_{12} - b_{21} < b_{13} - b_{22}) \wedge (b_{13} - b_{22} < b_{14} - b_{23}) \wedge (b_{14} - b_{23} < b_{15} - b_{24}) = (20 - 0 < 52 - 37) \wedge (52 - 37 < 76 - 65) \wedge (76 - 65 < 92 - 85) \wedge (92 - 85 < 100 - 97) \wedge (37 - 20 < 65 - 52) \wedge (65 - 52 < 85 - 76) \wedge (85 - 76 < 97 - 92) = 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 \wedge 1 = 1$.

Как видим, условие (11) истинно, значит НЧ ЛП $\boldsymbol{DR}^{(5)}$ соответствует убывающему типу распределения.

Реализуем в соответствие с выражениями (3)-(5) преобразование (2) при *m*=4 и *m*=3 с исходными значениями для НЧ с убывающим типом распределения из табл. 1, 2 (см. рис. 4, *а-в*).

В процессе трансформирования термов получим значения для $T_{DR}^{(4)}$ и $T_{DR}^{(3)}$ (см. (7) и (8), числовые эквиваленты которых представлены в табл. 2 и 3 соответственно и интерпретируются для $T_{DR}^{(4)}$ как: T_{DR_1} – $A^{(4)} = 20;\ k_1^{(4)} = 1{,}13;\ a_1^{(4)} = 0;\ c_1^{(4)} = 46{,}33;\ B^{(4)} = 37;\ k_2^{(4)} = 1{,}29;\ b_{11}^{(4)} = 0;\ b_{21}^{(4)} = 22{,}58,\ T_{DR_2}$ – $a_2^{(4)} = 29{,}38;\ c_2^{(4)} = 73{,}45;\ b_{12}^{(4)} = 41{,}94;\ b_{22}^{(4)} = 58{,}71.$



а) б) в)

Рисунок 4 – Эталоны значений для ЛП **DR** с убывающим распределением: а) при m = 5; б) переход с m = 5 термов на m – 1 = 4; в) переход с m = 4 термов на m – 1 = 3

Для $T_{DR}^{(3)}$ как: T_{DR_1} – $A^{(3)} = 29{,}38;\ k_1^{(3)} = 1{,}23;\ a_1^{(3)} = 0;\ c_1^{(3)} = 55{,}75;\ B^{(3)} = 41{,}94;\ k_2^{(3)} = 1{,}4;\ b_{11}^{(3)} = 0;\ b_{21}^{(3)} = 27{,}6;\ T_{DR_2}$ – $a_2^{(3)} = 37{,}63;\ c_2^{(3)} = 83{,}62;\ b_{12}^{(3)} = 51{,}13;\ b_{22}^{(3)} = 71{,}04.$

Проверим условие убывания (11) для $T_{DR}^{(4)}$ $(m=4)$: $\Omega_y = (22{,}58 - 0 < 58{,}71 - 41{,}94)\ \Lambda\ (58{,}71 - 41{,}94 < 72{,}9 - 84{,}52)\ \Lambda\ (72{,}9 - 84{,}52 < 84{,}52 - 72{,}9)\ \Lambda\ (84{,}52 - 72{,}9 < 93{,}55 - 100)\ \Lambda\ (41{,}94 - 22.58 < 72{,}9 - 58{,}71)\ \Lambda\ (72{,}9 - 58{,}71 < 100 - 93{,}55) = 1$ и для $T_{DR}^{(3)}$ $(m=3)$ – $\Omega_y = 1$.

Как видно,значения Ω_y является истинным, что позволяет сделать вывод об адекватности преобразований.

Заключение. Представленный метод позволяет осуществлять эквивалентное преобразование ЛП посредством создания эталонов параметров с возможностью варьирования числом термов трапециевидных НЧ и позволяет повысить гибкость разрабатываемых средств оценивания, которые основываются на логико-лингвистическом подходе. Для обработки других типов функции принадлежности НЧ, например, треугольных, необходимо провести соответствующие исследования.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Казмирчук С.В. Анализ и оценивание рисков информационных ресурсов. Защита информации – 2013. – Том 15 №1 (58). – С. 37-46.

[2] Казмирчук С.В. Анализа и оценивания рисков информационных ресурсов в нечетких условиях . Защита информации – 2013. – Том 15 №2 (59). – С. 133-140.

[3] Корченко А.Г., Архипов А.Е., Казмирчук С.В. Анализ и оценивание рисков информационной безопасности. Монография. – Киев: ООО «Лазурит-Полиграф», 2013. – 275 с.

[4] Корченко А.Г., Иванченко Е.В., Казмирчук С.В. Интегрированное представление параметров риска. Защита информации – 2011. – №1 (50). – С. 96-101.

[5] Корченко А.Г., Казмирчук С.В. Методология синтеза систем анализа и оценки риска потерь информационных ресурсов. Защита информации – 2012. – №2. – С. 24-28.

[6] Корченко А.Г. , Казмирчук С.В., Щербина В.П. Методы анализа и оценки рисков потерь государственных информационных ресурсов. Защита информации – 2012. – №1. – С. 126-139.

[7] Корченко А.Г. Построение систем защиты информации на нечетких множествах. Теория и практические решения – Киев: «МК-Пресс», 2006. – 320 с.

[8] Корченко О.Г. Системи захисту інформації. Монография. – Киев: НАУ, 2004. – 264 с.
[9] Ахметов Б.С., Горбаченко В.И., Кузнецова О.Ю. Нечеткие системы и сети. Учебное пособие. – Алматы: КазНТУ, 2014. – 102 с.

REFERENCES

[1] Kazmirchuk S.V. Analysis and estimation of risks of information resources. Information security – 2013. – Volume 15 No. 1 (58). – P. 37-46. (in Russ.).
[2] Kazmirchuk S.V. The analysis and estimation of risks of information resources in indistinct conditions. Information security – 2013. – Volume 15 No. 2 (59). – P. 133-140. (in Russ.).
[3] Korchenko A.G., Arkhipov A.E., Kazmirchuk S.V. Analysis and estimation of risks of information security. Monograph. – Kiev: JSC Lazurit-Poligraf, 2013. – 275 p. (in Russ.).
[4] Korchenko A.G., Ivanchenko E.V., Kazmirchuk S.V. The integrated representation of parameters of risk. Information security – 2011. – No. 1 (50). – P. 96-101. (in Russ.).
[5] Korchenko A.G., Kazmirchuk S.V. Methodology of synthesis of systems of the analysis and assessment of risk of losses of information resources. Information security – 2012. – No. 2. – P. 24-28. (in Russ.).
[6] Korchenko A.G., Kazmirchuk S.V., Shcherbina V.P. Methods of the analysis and assessment of risks of losses of the state information resources. Information security – 2012. – No. 1. – P. 126-139. (in Russ.).
[7] Korchenko A.G. Creation of systems of information security on indistinct sets. The theory and practical decisions – Kiev: "MK-Press", 2006. – 320 p. (in Russ.).
[8] Korchenko of O.G. Sistemi to a zakhist інформації. Monograph. – Kiev: NAU, 2004. – 264 p. (in Ukr.).
[9] Akhmetov B.S., Gorbachenko V.I., Kuznetsova O.Yu. Indistinct systems and networks. Manual. – Almaty: КазНТУ, 2014. – 102 p. (in Russ.).

АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТІҢ ҚАТЕРЛЕРІН БАҒАЛАУ МЕН ТАЛДАУ ЕСЕПТЕРІНДЕ ЛИНГВИСТИКАЛЫҚ АЙНЫМАЛЫЛАРДЫҢ ТЕРМДЕРІН ТҮРЛЕНДІРУ ӘДІСІ

А.Г. Корченко[1], С.В. Казмирчук[1], С.А. Гнатюк[1], Н.А. Сейлова[2], К. Мукапил[2]
kaiyrkhan@mail.ru
[1]Ұлттық авиация университеті, Киев, Украина
[2]Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: қатерлерді талдау, нақты емес сандармен түрлендіру, лингвистикалық айнымалылар.

Аңдатпа. Жұмыста лингвистикалық айнымалы тұрғысынан мәнін түрлендіруге мүмкіндік беретін аналитикалық талдау функциясы негізінде ұсынылған әдісін пайдалана отырып, бұл мәселені шешеді.

Нақты емес жағдайда бағалау өткізілді, ол үшін лингвистикалық айнымалылар қолданылды. Қателерді бағалау мен талдау кезінде түрлі санды термдері бар эталондарды қолдануға болады.

Сведения об авторах

Корченко Александр Григорьевич, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности информационных технологий Национального авиационного университета.
E-mail: icaocentre@nau.edu.ua
Казмирчук Светлана Владимировна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры безопасности информационных технологий Национального авиационного университета.
E-mail: sv902@mail.ru
Гнатюк Сергей Александрович, академический советник Инженерной академии Украины, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры безопасности информационных технологий Национального авиационного университета.
E-mail: s.gnatyuk@nau.edu.ua
Сейлова Нургуль Абадуллаевна, к.т.н., заведующая кафедрой Информационная безопасность, Казахский Национальный Технический Университет имени К.И. Сатпаева,
Раб. тел.: +7(727) 257-70-60, E-mail: seilova_na@mail.ru
Мукапил Кайрхан, PhD докторант специальности 6D070400 – ВТиПО, Казахский Национальный Технический Университет имени К.И. Сатпаева,
E-mail: kaiyrkhan@mail.ru, Моб. тел: 8 778 499 9300

Поступила 27.12.2014 г.