© Korchenko A., Prystavka P, Kazmirchuk S., Akhmetov B. Analytical verification expressions of linguistic variables for information security risk assessment systems // Ukrainian Scientific Journal of Information Security, 2017, vol. 23, issue 1, p. 50-55.

DOI: 10.18372/2225-5036.23.11549

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВЫРАЖЕНИЯ ВЕРИФИКАЦИИ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ ДЛЯ СИСТЕМ ОЦЕНИВАНИЯ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Александр Корченко[1], Филипп Приставка[1], Светлана Казмирчук[1], Берик Ахметов[2]

[1]*Национальный авиационный университет, Украина*
[2]*Международный казахско-турецкий университет им. Ясави, Казахстан*

КОРЧЕНКО Александр Григорьевич, д.т.н.

Год и место рождения: 1961 год, г. Киев, Украина.
Образование: Киевский институт инженеров гражданской авиации (с 2000 года - Национальный авиационный университет), 1983 год.
Должность: заведующий кафедрой безопасности информационных технологий с 2004 года, визит-профессор Университета в Бельско-Бялой (Гуманитарно-техническая академия в Бельско-Бялой, г. Бельско-Бяла, Польша), ведущий научный сотрудник Национальной академии СБ Украины.
Научные интересы: информационная и авиационная безопасность.
Публикации: более 300 научных публикаций, среди которых монографии, словари, энциклопедия, учебники, учебные пособия, научные статьи и патенты на изобретения и др.
E-mail: icaocentre@nau.edu.ua

ПРИСТАВКА Филипп Александрович, д.т.н.

Год и место рождения: 1974 год, г. Днепропетровск, Украина.
Образование: Днепропетровский государственный университет, специальность «Прикладная математика», квалификация математика.
Должность: заведующий кафедрой прикладной математики.
Научные интересы: Автоматизированная обработка данных; цифровая обработка изображений и видео; локальные сплайн-операторы, близкие к интерполяционных в среднем.
Публикации: более 120 научных и учебно-методических работ.
E-mail: chindakor@mail.ru

КАЗМИРЧУК Светлана Владимировна, к.т.н.

Год и место рождения: 1985 год, г. Алматы, Республика Казахстан.
Образование: Национальный авиационный университет, 2006 год.
Должность: доцент кафедры безопасности информационных технологий с 2012 года.
Научные интересы: информационная безопасность, системы менеджмента информационной безопасности, защита программного обеспечения, комплексные системы защиты информации, управления информационными рисками.
Публикации: более 90 научных публикаций, среди которых монографии, учебные пособия, учебно-методические комплексы дисциплин, научные статьи и материалы и тезисы докладов на конференциях.
E-mail: sv.kazmirchuk@gmail.com

ISSN 2225-5036
http://infosecurity.nau.edu.ua; http://jrnl.nau.edu.ua/index.php/Infosecurity

АХМЕТОВ Берик Бахытжанович, к.т.н.

Год и место рождения: 1985 год, г. Алматы, Казахстан.
Образование: Казахский национальный университет имени аль-Фараби, 2009 г.
Должность: Вице-президент по учебно-методической работе.
Научные интересы: информационная безопасность, бизнес-аналитика, применение ИКТ в образовании.
Публикации: более 40 научных статьей в национальных и международных базах.
E-mail: berik.akhmetov@ayu.edu.kz

Аннотация. *Системы анализа и оценивания рисков информационной безопасности, которые основываются на обработке лингвистических переменных, обычно используют эталонные величины, базирующиеся на нечетких числах. Такие эталоны, как правило, формируются экспертами на этапе инициализации базовых величин в процессе настройки соответствующих систем. При их эксплуатации возникает потребность в коррекции или создании (без привлечения экспертов) необходимых эталонов и возможности их импорта с других систем. Результаты подобных преобразований должны быть максимально приближены к исходным величинам, т.е. отображать их определенные свойства. Для проверки эквивалентности свойств лингвистических переменных до и после их функционального преобразования необходим соответствующий инструментарий. Для решения такой задачи предлагаются базовые аналитические выражения, которые, за счет комбинации арифметических и логических операций с операциями сравнения над ключевыми значениями определенных классов нечетких чисел, позволяют проверить свойства равномерности, неравномерности, возрастания и убывания лингвистических переменных. Таким образом, можно верифицировать эквивалентность их функциональных преобразований.*

Ключевые слова: *риск, анализ рисков, оценивание рисков, система анализа и оценивание рисков, лингвистическая переменная, нечеткое число, типы распределения, трапециевидные нечеткие числа, треугольный нечеткие числа.*

На сегодняшний день существует большое количество средств оценивания рисков (ОР) информационной безопасности (ИБ) [1, 2], которые представляются в достаточно широком ассортименте, начиная от отдельных методов и заканчивая программными комплексами. Проведенный анализ таких средства [1, 2] показал, что в своем большинстве они используют шкалы и эталоны величин, которые, как правило, сформированы при их разработке или настройке и не имеют возможности в осуществлении определенных модификаций без участия, например, экспертов соответствующей предметной области. Также такие средства оценивания, основывающиеся на обработке лингвистических переменных (ЛП), обычно используют эталонные величины, базирующиеся на нечетких числах (НЧ). Такие эталоны, как правило, формируются экспертами на этапе настройки системы. Часто при практическом использовании этих систем возникает необходимость в коррекции или создании (без привлечения экспертов) необходимых эталонов или осуществления их импорта с других систем. Результаты подобных преобразований (например, связанных с увеличением или уменьшением числа термов в ЛП) должны быть максимально приближены к исходным величинам, т.е. отображать их определенные начальные свойства. Для проверки эквивалентности свойств ЛП до и после их функционального преобразования необходим соответствующий инструментарий. В связи с этим, актуальной является разработка аналитических выражений для проверки таких преобразований ЛП.

Целью данной работы является разработка аналитических выражений для верификации эквивалентности функционального преобразования ЛП на трапециевидных и треугольных НЧ.

Для достижения поставленной цели введем множество базовых бинарных (т.е. их значение может соответствовать «0» или «1») аналитических выражений, характеризующих такое свойство ЛП (сформированных на основе существующих классов НЧ [3]), как *распределение*:

$$\mathbf{\Omega} = \{\bigcup_{i=1}^{q} \mathbf{\Omega}_i\} = \{\mathbf{\Omega}_1, \mathbf{\Omega}_2, ..., \mathbf{\Omega}_i ..., \mathbf{\Omega}_q\}, \quad (1)$$

где $\mathbf{\Omega}_i \subseteq \mathbf{\Omega}$ $(i = \overline{1,q})$ – подмножество аналитических выражений, характеризующих свойство распределения ЛП для i-го класса НЧ, а q – количество различных классов НЧ. Подмножество $\mathbf{\Omega}_i$ можем представить в следующем виде:

$$\mathbf{\Omega}_i = \{\bigcup_{ta=1}^{k_i} \Omega_{i,ta}\} = \{\Omega_{i,1}, \Omega_{i,2}, ..., \Omega_{i,ta} ..., \Omega_{i,k_i}\}, \quad (2)$$

где $\Omega_{i,ta} \subseteq \mathbf{\Omega}_i$ $(ta = \overline{1,k_i})$ – элементы подмножества $\mathbf{\Omega}_i$, отображающие аналитические выражения для проверки эквивалентности преобразований ЛП, а k_i – количество типов распределения ЛП для i-го класса НЧ.

При этом, если $\Omega_{i,ta}$ =1, то значение аналитического выражения истинно, в противном случае при $\Omega_{i,ta}$ =0 – ложно. Другими словами, если аналитическое выражение для определенного класса НЧ является истинным, то и истинным является его тип распределения для соответствующей ЛП, а в противном случае – ложным.

Далее, с учетом (2), выражение (1) можно записать следующим образом:

$$\mathbf{\Omega} = \{\bigcup_{i=1}^{q}\mathbf{\Omega}_i\} = \{\bigcup_{i=1}^{q}\{\bigcup_{ta=1}^{k_i}\Omega_{i,ta}\}\} =$$
$$\{\bigcup_{i=1}^{q}\{\Omega_{i,1}, \Omega_{i,2}, ..., \Omega_{i,ta}..., \Omega_{i,k_i}\}\} = \quad (3)$$
$$\{\{\Omega_{1,1}, \Omega_{1,2}, ..., \Omega_{1,ta}..., \Omega_{1,k_i}\}, \quad \{\Omega_{2,1}, \Omega_{2,2}, ..., \Omega_{2,ta}..., \Omega_{2,k_2}\}, ...,$$
$$\{\Omega_{q,1}, \Omega_{q,2}, ..., \Omega_{q,ta}..., \Omega_{q,k_q}\}\}.$$

Рассмотрим формирование соответствующих аналитических выражений на конкретном примере, при этом в качестве свойств ЛП предлагается ввести четыре типа ее распределения относительно оси абсцисс – это равномерный, неравномерный, возрастающий и убывающий типы. Далее, пусть q=2 и $k_1 = k_2$ =4, тогда $\mathbf{\Omega}$ с учетом (3) будет иметь следующий вид:

$$\mathbf{\Omega} = \{\bigcup_{i=1}^{2}\mathbf{\Omega}_i\} = \{\bigcup_{i=1}^{2}\{\bigcup_{ta=1}^{k_i}\Omega_{i,ta}\}\} = \{\bigcup_{i=1}^{2}\{\Omega_{i,1}, \Omega_{i,2}, \Omega_{i,3}, \Omega_{i,4}\} = \quad (4)$$
$$\{\{\Omega_{1,1}, \Omega_{1,2}, \Omega_{1,3}, \Omega_{1,4}\}, \quad \{\Omega_{2,1}, \Omega_{2,2}, \Omega_{2,3}, \Omega_{2,4}\}\},$$

где при i=1 и i=2 соответственно класс НЧ, используемых для построения ЛП является трапециевидным и треугольным [3], а элементы $\Omega_{i,1}$, $\Omega_{i,2}$, $\Omega_{i,3}$, $\Omega_{i,4}$ $(i = \overline{1,2})$ отражают бинарные аналитические выражения, характеризующие соответственно равномерный, неравномерный, возрастающий и убывающий тип распределения ЛП для i-го класса НЧ и соответственно обозначаются $\Omega_{i,р}$, $\Omega_{i,н}$, $\Omega_{i,в}$ и $\Omega_{i,у}$. Для трапециевидных НЧ (при i=1) аналитические выражения верификации типа распределения ЛП можно представить в следующем виде:

$$\Omega_{1,ta} = \begin{cases} \Omega_{1,р} = (\bigwedge_{j=1}^{m-1}(b_{2j} - b_{1j} = b_{2j+1} - b_{1j+1})) \wedge (\bigwedge_{j=1}^{m-2}(b_{1j+1} - b_{2j} = b_{1j+2} - b_{2j+1})), при\ ta = 1; \\ \Omega_{1,н} = (\bigvee_{j=1}^{m-1}(b_{2j} - b_{1j} \neq b_{2j+1} - b_{1j+1})) \vee (\bigvee_{j=1}^{m-2}(b_{1j+1} - b_{2j} \neq b_{1j+2} - b_{2j+1})), при\ ta = 2; \\ \Omega_{1,в} = (\bigwedge_{j=1}^{m-1}(b_{2j} - b_{1j} < b_{2j+1} - b_{1j+1})) \wedge (\bigwedge_{j=1}^{m-2}(b_{1j+1} - b_{2j} < b_{1j+2} - b_{2j+1})), при\ ta = 3; \\ \Omega_{1,у} = (\bigwedge_{j=1}^{m-1}(b_{2j} - b_{1j} > b_{2j+1} - b_{1j+1})) \wedge (\bigwedge_{j=1}^{m-2}(b_{1j+1} - b_{2j} > b_{1j+2} - b_{2j+1})), при\ ta = 4, \end{cases} \quad (5)$$

где $\Omega_{1,ta}$ (см. (4)) – элементы подмножества аналитических выражений для верификации типов распределения ЛП на трапециевидных НЧ, т.е. (см. (4)):

$$\mathbf{\Omega}_1 = \{\bigcup_{ta=1}^{k_1=4}\Omega_{1,ta}\} = \{\Omega_{1,1}, \Omega_{1,2}, \Omega_{1,3}, \Omega_{1,4}\} = \{\Omega_{1,р}, \Omega_{1,н}, \Omega_{1,в}, \Omega_{1,у}\},$$

а символы «=», «≠», «<» и «>» в подконъюнктивных и поддизъюнктивных выражениях используются для соответствующей проверки соотношений двух разностей, т.е. если соотношение истинно, то выражение во внутренних круглых скобках эквивалентно логической единице, в противном случае – нулю.

Например, пусть ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$ «Уровень оценочного параметра $\boldsymbol{EP}_i$» определяется m=4 термами, представленными в табл. 1 и на рис. 1 с равномерным типом распределения ЛП:

$$\boldsymbol{K}_{EP_i}^{(4)}\{\underset{\sim}{T}_{K_{EP_i1}}, \underset{\sim}{T}_{K_{EP_i2}}, \underset{\sim}{T}_{K_{EP_i3}}, \underset{\sim}{T}_{K_{EP_i4}}\},$$

где термы $\bigcup_{j=1}^{4}\underset{\sim}{T}_{K_{EP_ij}} = \{\underset{\sim}{T}_{K_{EP_i1}}, \underset{\sim}{T}_{K_{EP_i2}}, \underset{\sim}{T}_{K_{EP_i3}}, \underset{\sim}{T}_{K_{EP_i4}}\} = \{\underset{\sim}{L}, \underset{\sim}{M}, \underset{\sim}{H}, \underset{\sim}{C}\}$, а L, M, H и C соответственно определяется как «Низкий», «Средний», «Высокий» и «Критический» [4].

Равномерный тип распределения ЛП (5) при k_1=4 и $ta = 1$ характерен для эталонных значений ЛП, все термы которых отражают одинаковое предпочтение эксперта относительно указанного оценочного параметра.

Пример эталонных трапециевидных НЧ

Таблица 1

Тип распределения ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$	НЧ $\underset{\sim}{T}_{K_{EP_ij}} = (ai_j; bi_{1j}; bi_{2j}; ci_j)_{LR}$ ($j = \overline{1,4}$)			
	$\underset{\sim}{T}_{K_{EP_i1}}$	$\underset{\sim}{T}_{K_{EP_i2}}$	$\underset{\sim}{T}_{K_{EP_i3}}$	$\underset{\sim}{T}_{K_{EP_i4}}$
Равномерный	$(0; 0; 1,43; 2,86)_{LR}$	$(1,43; 2,86; 4,29; 5,72)_{LR}$	$(4,29; 5,72; 7,15; 8,58)_{LR}$	$(7,14; 8,58; 10,01; 10,01)_{LR}$
Неравномерный	$(0; 0; 0,5; 0,9)_{LR}$	$(0,5; 0,9; 1,6; 3)_{LR}$	$(1,6; 3; 6; 8,5)_{LR}$	$(6; 8,5; 10; 10)_{LR}$
Возрастающий	$(0; 0; 0,3;1)_{LR}$	$(0,3; 1; 1,8; 2,8)_{LR}$	$(1,8; 2,8; 4,4; 7)_{LR}$	$(4,4; 7; 10; 10)_{LR}$
Убывающий	$(0; 0; 3,2; 5,2)_{LR}$	$(3,2; 5,2; 6,8; 8,2)_{LR}$	$(6,8; 8,2; 9,2; 9,7)_{LR}$	$(9,2; 9,7; 10; 10)_{LR}$

На основании выражения (5) осуществим верификацию равномерного типа распределения ЛП при k_1=4 и $ta = 1$:

$\Omega_{1,р} =$ (($b_{21} - b_{11} = b_{22} - b_{12}$) ∧ ($b_{22} - b_{12} = b_{23} - b_{13}$) ∧ ($b_{23} - b_{13} = b_{24} - b_{14}$) ∧ ($b_{24} - b_{14} = b_{25} - b_{15}$)) ∧ (($b_{12} - b_{21} = b_{13} - b_{22}$) ∧ ($b_{13} - b_{22} = b_{14} - b_{23}$)) = ((1,43 – 0 = 4,29 – 2,86) ∧ (4,29 – 2,86 = 7,15 – 5,72) ∧ (7,15 – 5,72 = 10,01 – 8,58)) ∧ ((2,86 – 1,43 = 5,72 – 4,29) ∧ (5,72 – 4,29 = 8,58 – 7,15))= (1 ∧ 1 ∧ 1) ∧ (1 ∧ 1) = 1.

Как видно по полученному результату, эталонная ЛП на трапециевидных НЧ из табл. 1 соответствует равномерному типу распределения.

Неравномерный тип распределения ЛП (5) при k_1=4 и $ta = 2$, характерен для эталонных значений ЛП, в которых хотя бы один терм отражает не одинаковое предпочтение эксперта относительно любого другого терма конкретного оценочного параметра.

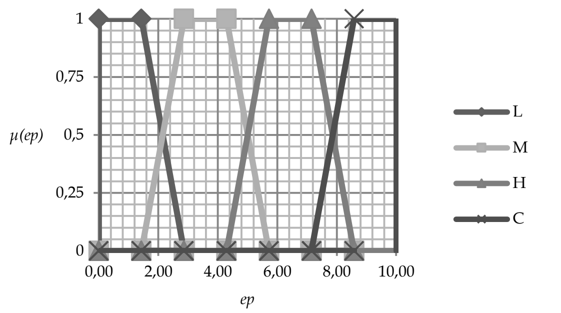

Рис. 1. Термы эталонных значений трапециевидных НЧ с равномерным типом распределения ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$

при m=4 для $\underset{\sim}{T}_{K_{EP_i}j}$ $(j=\overline{1,m})$

Например, пусть ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$, определяемая термами (при m=4), представленными в табл. 1 и на рис. 2 имеет неравномерный тип распределения.

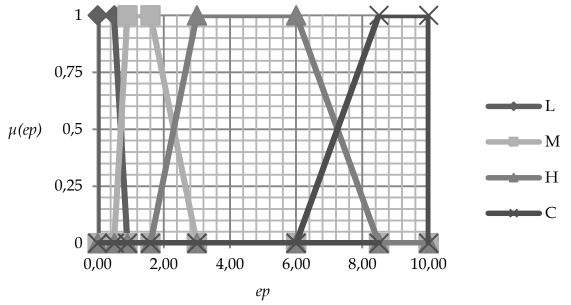

Рис. 2. Термы эталонных значений трапециевидных НЧ с неравномерным типом распределения ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$

при m=4 для $\underset{\sim}{T}_{K_{EP_i}j}$ $(j=\overline{1,m})$

Используя выражение (5), осуществим проверку неравномерного типа распределения ЛП при k_1 =4 и $ta=2$:

$\Omega_{1,н}$ = ((b_{21} – b_{11} ≠ b_{22} – b_{12}) ∨ (b_{22} – b_{12} ≠ b_{23} – b_{13}) ∨ (b_{23} – b_{13} ≠ b_{24} – b_{14})) ∨ ((b_{12} – b_{21} ≠ b_{13} – b_{22}) ∨ (b_{13} – b_{22} ≠ b_{14} – b_{23})) = ((0,5 – 0 ≠ 1,6 – 0,9) ∨ (1,6 – 0,9 ≠ 6 – 3) ∨ (6 – 3 ≠ 10 – 8,5)) ∨ ((0,9 – 0,5≠ 3 – 1,6) ∨ (3 – 1,6 ≠ 8,5 – 6)) = (1 ∨ 1 ∨ 1) ∨ (1 ∨ 1) = 1.

Как видим, $\Omega_{1,н}$ = 1, что говорит о соответствии ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$ такому типу распределения как неравномерный.

Далее, например, пусть ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$ определяется термами (при m=4), представленными в табл. 1 и на рис. 3, имеет возрастающий тип распределения. С помощью выражения (5) реализуем верификацию возрастающего типа распределения ЛП при k_1 =4 и $ta=3$:

$\Omega_{1,в}$ = ((b_{21} – b_{11} < b_{22} – b_{12}) ∧ (b_{22} – b_{12} < b_{23} – b_{13}) ∧ (b_{23} – b_{13} < b_{24} – b_{14})) ∧ ((b_{12} – b_{21} < b_{13} – b_{22}) ∧ (b_{13} – b_{22} < b_{14} – b_{23})) = ((0,3 – 0 < 1,8 – 1) ∧ (1,8 – 1 < 4,4 – 2,8) ∧ (4,4 – 2,8 < 10 – 7)) ∧ ((1 – 0,3 < 2,8 – 1,8) ∧ (2,8 – 1,8 < 7 – 4,4)) = (1 ∧ 1 ∧ 1) ∧ (1 ∧ 1) = 1.

Как видно по полученному результату, $\Omega_{1,в}$ = 1 при k_1 =4 и $ta=3$, что говорит о соответствии ЛП возрастающему типу распределения.

И, наконец, пусть ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$ определяется термами (при m=4), представленными в табл. 1 и на рис. 4, имеет убывающий тип распределения.

Проверим с помощью выражения (5) убывающий тип распределения ЛП при k_1 = 4 и $ta=4$:

$\Omega_{1,у}$ = ((b_{21} – b_{11} > b_{22} – b_{12}) ∧ (b_{22} – b_{12} > b_{23} – b_{13}) ∧ (b_{23} – b_{13} > b_{24} – b_{14})) ∧ ((b_{12} – b_{21} > b_{13} – b_{22}) ∧ (b_{13} – b_{22} > b_{14} – b_{23})) = ((3,2 – 0 > 6,8 – 5,2) ∧ (6,8 – 5,2 > 9,2 – 8,2) ∧ (9,2 – 8,2 > 10 – 9,7)) ∧ ((5,2 – 3,2 > 8,2 – 6,8) ∧ (8,2 – 6,8 > 9,7 – 9,2)) = (1 ∧ 1 ∧ 1) ∧ (1 ∧ 1) = 1.

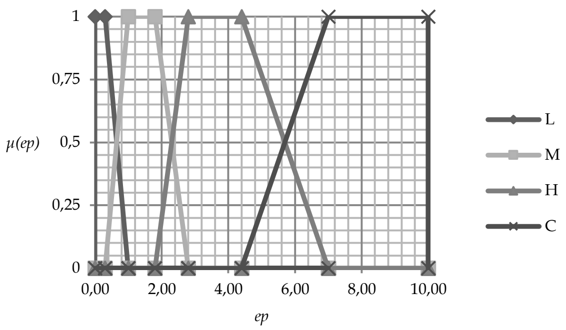

Рис. 3. Термы эталонных значений трапециевидных НЧ с возрастающим типом распределения ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$

при m=4 для $\underset{\sim}{T}_{K_{EP_i}j}$ $(j=\overline{1,m})$

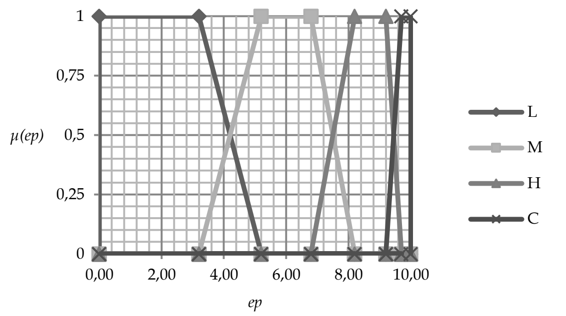

Рис. 4. Термы эталонных значений трапециевидных НЧ с убывающим типом распределения ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$

при m=4 для $\underset{\sim}{T}_{K_{EP_i}j}$ $(j=\overline{1,m})$

Как видим, $\Omega_{1,y}$ (5) при k_1 =4 и $ta=4$ истинно, значит ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$ соответствует убывающему типу распределения.

Для треугольных НЧ (при $i=2$) бинарные аналитические выражения верификации типа распределения ЛП можно представить в следующем виде:

$$\Omega_{2,ta}=\begin{cases}\Omega_{2,p}=\bigwedge\limits_{j=1}^{m-1}\left(b_{j+1}-b_j=b_{j+2}-b_{j+1}\right), при\ ta=1;\\ \Omega_{2,н}=\bigvee\limits_{j=1}^{m-1}\left(b_{j+1}-b_j\neq b_{j+2}-b_{j+1}\right), при\ ta=2;\\ \Omega_{2,в}=\bigwedge\limits_{j=1}^{m-1}\left(b_{j+1}-b_j<b_{j+2}-b_{j+1}\right), при\ ta=3;\\ \Omega_{2,y}=\bigwedge\limits_{j=1}^{m-1}\left(b_{j+1}-b_j>b_{j+2}-b_{j+1}\right), при\ ta=4,\end{cases}\qquad(6)$$

где $\Omega_{2,ta}$ (см. (4)) – элементы подмножества аналитических выражений для верификации типов распределения ЛП на треугольных НЧ , т.е (см. (4)):

$$\mathbf{\Omega}_2 = \{\bigcup_{ta=1}^{k_2=4} \Omega_{2,ta}\} = \{\Omega_{2,1}, \Omega_{2,2}, \Omega_{2,3}, \Omega_{2,4}\} = \{\Omega_{2,p}, \Omega_{2,н}, \Omega_{2,в}, \Omega_{2,y}\},$$

а символы «=», «≠», «<» и «>» выполняют функции по аналогии с (5).

Например, пусть ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$ «Уровень оценочного параметра $\boldsymbol{EP}_i$» определяется термами при m=4, представленными в табл. 2 и на рис. 5 с равномерным типом распределения. С помощью (6) осуществим верификацию равномерного типа распределения ЛП при k_2 =4 и $ta = 1$:

$\Omega_{2,p}$ = ($b_2 - b_1 = b_3 - b_2$) $\wedge$ ($b_3 - b_2 = b_4 - b_3$) = (3,33 – 0 = 6,66 – 3,33) $\wedge$ (6,66 – 3,33 = 9,99 – 6,66) = 1 $\wedge$ 1 = 1.

Как видим, $\Omega_{2,p} = 1$ (значение истинно), следовательно ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$ имеет равномерный тип распределения.

Пример эталонных треугольных НЧ

Таблица 2

Тип распределения ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$	НЧ $\tilde{T}_{K_{EP_i}j} = (a_j, b_j, c_j)_{LR}$ ($j = \overline{1,4}$)			
	$\tilde{T}_{K_{EP_i}1}$	$\tilde{T}_{K_{EP_i}2}$	$\tilde{T}_{K_{EP_i}3}$	$\tilde{T}_{K_{EP_i}4}$
Равномерный	$(0; 0; 2{,}86)_{LR}$	$(1{,}43; 3{,}33; 5{,}72)_{LR}$	$(4{,}29; 6{,}66; 8{,}58)_{LR}$	$(7{,}15; 9{,}99; 10{,}01)_{LR}$
Неравномерный	$(0; 0; 1)_{LR}$	$(1; 3; 3)_{LR}$	$(2; 8; 9)_{LR}$	$(6; 10; 10)_{LR}$
Возрастающий	$(0; 0; 1)_{LR}$	$(0{,}3; 1; 2{,}8)_{LR}$	$(1{,}8; 4; 7)_{LR}$	$(4{,}4; 10; 10)_{LR}$
Убывающий	$(0; 0; 5{,}2)_{LR}$	$(3{,}2; 5; 8{,}2)_{LR}$	$(6{,}8; 9; 9{,}7)_{LR}$	$(9{,}2; 10; 10)_{LR}$

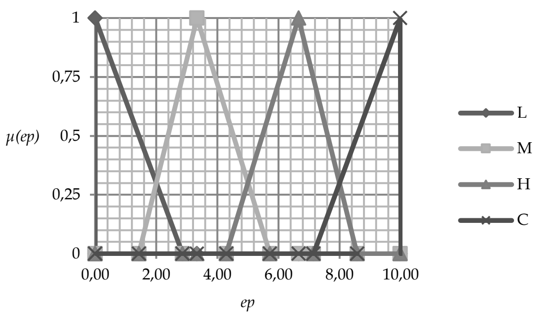

Рис. 5. Термы эталонных значений треугольных НЧ с равномерным типом распределения ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$

при m=4 для $\tilde{T}_{K_{EP_i}j}$ ($j = \overline{1,m}$)

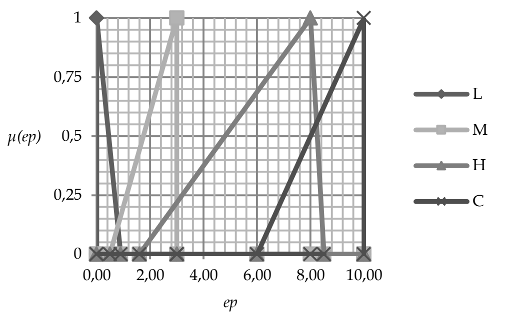

Рис. 6. Термы эталонных значений треугольных НЧ с неравномерным типом распределения ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$

при m=4 для $\tilde{T}_{K_{EP_i}j}$ ($j = \overline{1,m}$)

Проверим с помощью (6) неравномерный тип распределения ЛП (табл. 2 и рис. 6) при k_2 = 4 и $ta = 2$:

$\Omega_{2,н}$ = ($b_2 - b_1 \neq b_3 - b_2$) $\vee$ ($b_3 - b_2 \neq b_4 - b_3$) = (3 – 0 ≠ 8 – 3) $\vee$ (8 – 3 ≠ 10 – 8) = 1 $\vee$ 1 = 1.

Из результатов вычисления видно, что оно истинно (т.е. $\Omega_{2,н}$ =1), и это говорит о соответствии ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$ такому типу распределения как неравномерный.

Проверим возрастающий тип распределения (рис. 7) ЛП из табл. 2 при k_2 = 4 и $ta = 3$:

$\Omega_{2,в}$ = ($b_2 - b_1 < b_3 - b_2$) $\wedge$ ($b_3 - b_2 < b_4 - b_3$) = (1 – 0 < 4 – 1) $\wedge$ (4 – 1 < 10 – 4) = 1 $\wedge$ 1 = 1.

Произведем соответствующую проверку при k_2 =4 и $ta = 4$ убывающего типа распределения ЛП на треугольных НЧ (табл. 2 и рис. 8):

$\Omega_{2,y}$ = ($b_2 - b_1 > b_3 - b_2$) Λ ($b_3 - b_2 > b_4 - b_3$) = (5 – 0 > 9 – 5) Λ (9 – 5 > 10 – 9) = 1 Λ 1 = 1.

Как видим, $\Omega_{2,y}$ =1, т.е. выражение (6) при k_2 =4 и $ta = 4$ истинно, значит ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$ соответствует убывающему типу распределения.

Здесь $\Omega_{2,в}$ =1 – истинно, что подтверждает соответствие ЛП возрастающему типу распределения.

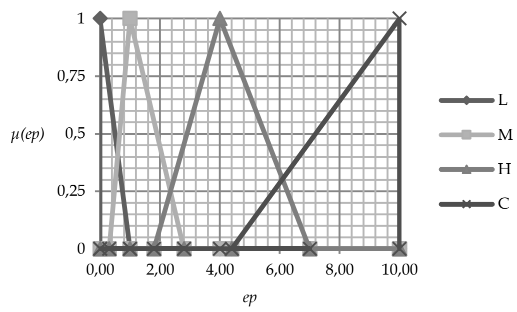

Рис. 7. Термы эталонных значений треугольных НЧ с возрастающим типом распределения ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$

при m=4 для $\tilde{T}_{K_{EP_i}j}$ ($j = \overline{1,m}$)

Таким образом, в работе предложено базовые аналитические выражения, которые, за счет комбинации арифметических и логических операций с операциями сравнения над ключевыми значениями определенных классов НЧ, позволяют проверить свойства равномерности, неравномерности, возрастания и убывания ЛП до и после их функционального преобразования.

Аналогичным образом можно сформировать конкретные аналитические выражения для других классов НЧ и возможные типы распределения.

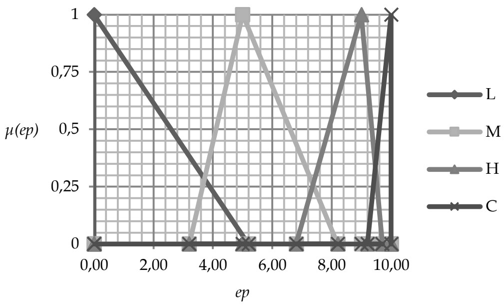

Рис. 8. Термы эталонных значений треугольных НЧ с убывающим типом распределения ЛП $\boldsymbol{K}_{EP_i}$

при m=4 для $\tilde{T}_{K_{EP_i j}}$ $(j=\overline{1,m})$

Литература

[1] А. Корченко, А. Архипов, С. Казмирчук, Анализ и оценивание рисков информационной безопасности. К.: «Лазурит-Полиграф», 2013. – 275 с.

[2] Корченко А., Казмирчук С. Исследования средств оценивания рисков безопасности ресурсов информационных систем / А.Г.Корченко, С.В. Казмирчук // Захист інформації. – Т.19, №1. – 2017. – С. 47-56.

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

[4] National Vulnerability Database [Electronic resource] / National Institute of Standards and Technology – Gaithersburg, 2017 – Access mode: World Wide Web. – URL: https://nvd.nist.gov/vuln-metrics/cvss.

УДК 004.056.5 (045)

Корченко О.Г., Приставка Ф.О., Казмірчук С.В., Ахметов Б.Б. Аналітичні вирази верифікації лінгвістичних змінних для систем оцінювання ризиків інформаційної безпеки

Анотація. *Системи аналізу та оцінювання ризиків інформаційної безпеки, які ґрунтуються на обробці лінгвістичних змінних, зазвичай використовують еталонні величини, що базуються на нечітких числах. Такі еталони, як правило, формуються експертами на етапі ініціалізації базових величин в процесі налаштування відповідних систем. При їх експлуатації виникає потреба в корекції або створенні (без залучення експертів) необхідних еталонів і можливості їх імпорту з інших систем. Результати подібних перетворень повинні бути максимально наближені до початкових величин, тобто відображати їх певні властивості. Для перевірки еквівалентності властивостей лінгвістичних змінних до і після їх функціонального перетворення необхідний відповідний інструментарій. Для вирішення такого завдання пропонуються базові аналітичні вирази, які, за рахунок комбінації арифметичних і логічних операцій з операціями порівняння над ключовими значеннями певних класів нечітких чисел, дозволяють перевірити властивості рівномірності, нерівномірності, зростання і зменшення лінгвістичних змінних. Таким чином, можна верифікувати еквівалентність їх функціональних перетворень.*
Ключові слова: *ризик, аналіз ризиків, оцінювання ризиків, система аналізу та оцінювання ризиків, лінгвістична змінна, нечітке число, типи розподілу, трапецієподібні нечіткі числа, трикутні нечіткі числа.*

Korchenko A., Prystavka P, Kazmirchuk S., Akhmetov B. Analytical verification expressions of linguistic variables for information security risk assessment systems

Abstract. *Risk analysis and assessment system of information security, which based on the linguistic variables processing, usually use reference values based on fuzzy numbers. That references, generally, formed at the stage of base values initialization by experts during the adjustment of corresponding systems. During their operation there is a need for correction or creation (without involving experts) necessary references and the possibility of their import from other systems. The results of such transformations should be maximum approx to the initial values, that is display their specific properties. For checking purpose the equivalence of variables linguistic properties is needed an appropriate tool before and after their functional transformation. To solve this problem, proposed basic analytical expressions, which due to a combination of arithmetic and logical operations with comparison operations over key values of fuzzy numbers certain classes , allow to check the uniformity properties, unevenness, increase and linguistic variables decrease . Consequently, it is possible to verify the equivalence of their functional transformations.*
Key words: *risk, risk analysis, risk assessment, risk analysis and assessment system, linguistic variable, fuzzy number, type of distribution, V-type fuzzy number, trigonal fuzzy number.*

Отримано *10 березня 2017 року*, затверджено редколегією *28 березня 2017 року*