

## МЕТОД ИНКРЕМЕНТИРОВАНИЯ ПОРЯДКА ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ ДЛЯ СИСТЕМ АНАЛИЗА И ОЦЕНИВАНИЯ РИСКОВ

*Александр Корченко, Светлана Казмирчук, Юлия Коваленко, Андрей Гололобов*

*Существует система анализа и оценивания рисков информационной безопасности, которая основывается на обработке лингвистических переменных. Эти переменные базируются на эталонных параметрических трапециевидных нечетких числах с фиксированным количеством терм-множеств. Эффективность практического использования такой системы зависит от ее возможностей обрабатывать различные, дополнительные типы параметрических нечетких чисел и коррекции эталонов без привлечения необходимых экспертов. Для решения такой задачи предлагается метод инкрементирования порядка лингвистических переменных на треугольных нечетких числах с использованием экспертных оценок, сделанных на этапе настройки системы. Это расширит возможности существующих систем анализа и оценивания рисков информационной безопасности и будет способствовать дальнейшему развитию метода реализации функции трансформирования термов для треугольных нечетких чисел.*

**Ключевые слова:** *риск, анализ рисков, оценивание рисков, система анализа и оценивание рисков, нечеткая переменная, функция трансформирования термов лингвистических переменных, однократное инкрементирование, треугольные нечеткие числа.*

Известные средства анализа и оценивания рисков информационной безопасности (ИБ) [1, 2] основываются на нечеткой логике и используют лингвистические переменные (ЛП) с фиксированным количеством терм-множеств, которые задаются экспертами на этапе инициализации базовых величин при настройке системы.

Для повышения эффективности таких средств в работе [2] был предложен метод реализации функции трансформирования эталонов для трапециевидных нечетких чисел (НЧ). Этот метод позволяет осуществлять однократное инкрементирование числа термов на основе оценок экспертов соответствующей предметной области, которые были выполнены на этапе настройки системы. Расширить возможности указанных систем можно путем использования дополнительного типа параметрических НЧ. В связи с этим актуальной является задача расширения возможностей функции по реализации

процесса трансформирования термов, используя другие классы параметрических НЧ, например, треугольных.

Исходя из актуальности, целью данной работы, является разработка метода трансформирования эталонов посредством однократного инкрементирования (увеличение на один порядок) числа термов ЛП, базирующихся на эталонных параметрических треугольных НЧ. Это расширит возможности соответствующих существующих систем анализа и оценивания рисков ИБ и будет способствовать дальнейшему развитию метода реализации функции трансформирования термов [2] для треугольных НЧ.

И так, если в формуле (2) из работы [2] приравняем  $b_j = b_{1j} = b_{2j}$ ,  $j = 1, m$ , то получим другой тип параметрических НЧ – треугольные. Для таких чисел выражение (2) [2] можем представить в следующем виде:

$$DR^{(m+1)}((a_1, b_1, c_1), (a_2, b_2, c_2), \dots, (a_m, b_m, c_m), (a_{m+1}, b_{m+1}, c_{m+1})) = FT^{+1}(DR^{(m)}((a_1, b_1, c_1), (a_2, b_2, c_2), \dots, (a_m, b_m, c_m))), \quad (1)$$

где  $a_j$ ,  $c_j$  и  $b_j$  ( $j = \overline{1, m}$ ) соответственно абсциссы нижнего и верхнего основания треугольного НЧ [3].

Для реализации заданной функции (1) предлагается метод, который позволяет трансформировать эталоны за счет встраивания дополнительного терма в ЛП, базирующиеся на параметрических треугольных НЧ. Метод содержит 4 этапа.

**Этап 1. Поиск корректирующих параметров.** Для реализации однократного инкрементирования числа термов, которое было ранее установлено экспертным путем, необходимо, соответственно для абсцисс верхнего и нижнего оснований, определить корректирующие параме-

тры. Для этого воспользуемся следующими выражениями:

$$k_1^{(m+1)} = \frac{b_{dr}}{m-1}, \quad (2)$$

$$l_1^{(m+1)} = \frac{a_2^{(m)} - a_1^{(m)} + \sum_{j=3}^m (a_j^{(m)} - c_{j-2}^{(m)}) + c_m^{(m)} - c_{m-1}^{(m)}}{m}, \quad (3)$$

$$l_2^{(m+1)} = \frac{\sum_{j=2}^m (c_{j-1}^{(m)} - a_j^{(m)})}{m-1}, \quad l^{(m+1)} = l_1^{(m+1)} + l_2^{(m+1)},$$

где  $k_1^{(m+1)}$  и  $l_1^{(m+1)}$ ,  $l_2^{(m+1)}$ ,  $l^{(m+1)}$  – корректирующие параметры соответственно для абсцисс верхнего и нижнего основания треугольных НЧ,  $m$  – количество исходных терм-множеств, а  $b_{dr}$  – максимальное значение абсциссы верхнего основания треугольных НЧ.

**Этап 2. Определение номера расширяющей вершины.** Здесь, необходимо найти расширяющую вершину, т.е. такое  $x_j$  ( $j = \overline{1, m-1}$ ) по которому определяется позиция встраивания дополнительного терма. Реализация этого этапа осуществляется с помощью выражения определения расширяющей вершины  $x_j = b_{j+1}^{(m)} - b_j^{(m)}$  ( $j = \overline{1, m-1}$ ), текущий номер которой ( $j$ ) будет отображаться переменной  $s$ . Таким образом, поиск номера расширяющей вершины осуществляется посредством определения значения  $s$  согласно выражения (4):

$$s = j + 1 \text{ при } (x_{j+1} \geq k_1^{(m+1)} \geq x_j) \text{ или } (x_{j+1} \leq k_1^{(m+1)} \leq x_j), \quad (4)$$

где  $k_1^{(m+1)}$  – корректирующий параметр, определяемый посредством (2).

**Этап 3. Вычисление значений абсцисс.** После нахождения номера расширяющей вершины необходимо определить значения абсцисс нижнего  $a_j$ ,  $c_j$  и верхнего  $b_j$  основания треугольных НЧ вида  $\underline{X}_{DR_j} = (a_j, b_j, c_j)_{LR}$ , при  $j = \overline{1, m+1}$ , т.е. осуществить их переопределение с учетом дополнительного терма. Реализацию этого этапа будем осуществлять с помощью следующих выражений:

$$b_j^{(m+1)'} = \begin{cases} b_j^{(m)} & \text{при } j \leq s, \\ b_{j-1}^{(m)} + k_1^{(m+1)} & \text{при } j > s, \end{cases} \quad (j = \overline{1, m}); \quad (5)$$

$$a_j^{(m+1)'} = \begin{cases} a_j^{(m)} & \text{при } j < s + 2, \\ c_{j-2}^{(m+1)'} + l_1^{(m+1)} & \text{при } j = s + 2, \\ a_{j-1}^{(m)} + l^{(m+1)} & \text{при } j > s + 2; \end{cases} \quad (6)$$

$$c_j^{(m+1)'} = \begin{cases} c_j^{(m)} & \text{при } j < s, \\ a_{j+1}^{(m)} + l_2^{(m+1)} & \text{при } j = s, \quad (j = \overline{1, m}); \\ c_{j-1}^{(m)} + l^{(m+1)} & \text{при } j > s, \end{cases}$$

где  $m$  – количество исходных терм-множеств.

**Этап 4. Нормирование эталонов.** Для завершения процесса однократного инкрементирования, необходимо осуществить нормирование полученных на этапе 3 эталонных значений. Данный этап выполняется посредством 2-х шагов. Отметим, что после реализации этапов 1 и 2 абсциссы верхнего и нижнего основания треугольных НЧ были переопределены с помощью выражений (5) и (6). В результате этого они вышли за границы определения исходных эталонов. Для нормирования полученных результатов, необходимо определить соответствующие коэффициенты.

Шаг 1. Формирование нормирующих коэффициентов осуществляется по выражениям (7) и (8), т.е.:

$$k^{(m+1)} = \frac{b_{dr}}{b_{m+1}^{(m+1)'}} \quad (7)$$

$$l_3^{(m+1)} = \frac{c_{dr}}{c_{m+1}^{(m+1)'}} \quad (8)$$

где  $b_{dr}$  и  $c_{dr}$  соответственно максимальные значения абсцисс верхнего и нижнего основания треугольных НЧ.

Шаг 2. Нормирование абсцисс эталонных значений осуществляется с помощью  $k^{(m+1)}$  и  $l_3^{(m+1)}$  по выражениям (9) и (10), т.е.:

$$b_j^{(m+1)} = b_j^{(m+1)'} \times k^{(m+1)}, \quad (j = \overline{1, m}); \quad (9)$$

$$a_j^{(m+1)} = a_j^{(m+1)'} \times l_3^{(m+1)}, \quad c_j^{(m+1)} = c_j^{(m+1)'} \times l_3^{(m+1)}, \quad (j = \overline{1, m}). \quad (10)$$

Для иллюстрации работы метода воспользуемся конкретным примером, где в качестве исходных данных, с учетом возможности дальнейшей верификации, будем использовать эталонные треугольные НЧ с равномерным, неравномерным, возрастающим и убывающим типом распределения при  $m=4$  (см. табл. 1).

С учетом этого выражение (1) принимает вид:

$$\mathbf{DR}^{(5)}(\underline{T}_{DR_1}, \underline{T}_{DR_2}, \underline{T}_{DR_3}, \underline{T}_{DR_4}, \underline{T}_{DR_5}) = \mathbf{FT}^{+1}(\mathbf{DR}^{(4)}(\underline{T}_{DR_1}, \underline{T}_{DR_2}, \underline{T}_{DR_3}, \underline{T}_{DR_4})),$$

где

$$\underline{T}_{DR}^{(4)} = \left\{ \bigcup_{j=1}^4 \underline{T}_{DR_j} \right\} = \left\{ \underline{T}_{DR_1}, \underline{T}_{DR_2}, \underline{T}_{DR_3}, \underline{T}_{DR_4} \right\} = \left\{ \underline{HP}, \underline{PC}, \underline{PB}, \underline{PP} \right\}, \quad (11)$$

а НР – «Незначительный риск нарушения ИБ»,  
 РС – «Степень риска нарушения ИБ средняя»,  
 РВ – «Степень риска нарушения ИБ высокая»,  
 ПР – «Предельный риск нарушения ИБ» и

$$T_{DR}^{(5)} = \left\{ \bigcup_{j=1}^5 T_{DR_j} \right\} = \left\{ \underline{T}_{DR_1}, \underline{T}_{DR_2}, \underline{T}_{DR_3}, \underline{T}_{DR_4}, \underline{T}_{DR_5} \right\} = \left\{ \underline{НР}, \underline{РН}, \underline{РС}, \underline{РВ}, \underline{ПР} \right\}, \quad (12)$$

а НР – «Незначительный риск нарушения информационной безопасности (ИБ)», РН – Степень риска нарушения ИБ низкая», РС – «Степень риска нарушения ИБ средняя», РВ – «Степень риска нарушения ИБ высокая», ПР – «Предельный риск нарушения ИБ».

Как видно при однократном инкрементировании переопределяются не только числовые, а и лингвистические эквиваленты. В примере видно, что добавилось значение РН (см. (12)).

Так, как треугольные НЧ удобно описывать в виде  $\underline{X}_{DR_j} = (a_j, b_j, c_j)_{LR}$ , где  $a_j, c_j$  и  $b_j$  соответственно абсциссы нижних и верхних оснований

при  $j = \overline{1, m}$ , то выражение (1) представим в виде:

$$DR^{(5)}((a_1, b_1, c_1), (a_2, b_2, c_2), (a_3, b_3, c_3), (a_4, b_4, c_4), (a_5, b_5, c_5)) = FT^{+1}(DR^{(4)}((a_1, b_1, c_1), (a_2, b_2, c_2), (a_3, b_3, c_3), (a_4, b_4, c_4))). \quad (13)$$

**Пример 1 – равномерный тип распределения.** Пусть ЛП  $DR^{(4)}$  [2] задается термами из (11). Для определения числовых значений  $\underline{T}_{DR_j}$

( $j = \overline{1, 4}$ ) воспользуемся данными из табл. 1 с равномерным типом распределения НЧ, т.е. для которых будет истинным условие равномерности (см. (6) в [4]), т.е.:  $\Omega_p = (b_2 - b_1 = b_3 - b_2) \wedge (b_3 - b_2 = b_4 - b_3) = (33,33 - 0 = 66,66 - 33,33) \wedge (66,66 - 33,33 = 99,99 - 66,66) = 1 \wedge 1 = 1$ . Как видно  $\Omega_p = 1$ , следовательно, НЧ ЛП  $DR^{(4)}$  соответствуют равномерному типу распределения.

Для реализации функции (1), посредством необходимых этапов разработанного метода, выполним однократное инкрементирование заданной в (13) ЛП  $DR^{(4)}$ .

Таблица 1

Эталонные треугольные НЧ с различным типом распределения при  $m=4$

Тип распределения НЧ ЛП $DR$	НЧ $\underline{T}_{DR_j}, = (a_j, b_j, c_j)_{LR} (j = \overline{1, 4})$			
	$\underline{T}_{DR_1}$	$\underline{T}_{DR_2}$	$\underline{T}_{DR_3}$	$\underline{T}_{DR_4}$
Равномерный	$(0; 0; 25)_{LR}$	$(8,3; 33,3; 58,3)_{LR}$	$(41,7; 66,6; 91,7)_{LR}$	$(75; 100; 100)_{LR}$
Неравномерный	$(0; 0; 39)_{LR}$	$(10; 22; 70)_{LR}$	$(45; 66; 92)_{LR}$	$(78; 100; 100)_{LR}$
Возрастающий	$(0; 0; 15,48)_{LR}$	$(5; 5; 41,29)_{LR}$	$(18; 20; 77,42)_{LR}$	$(52; 100; 100)_{LR}$
Убывающий	$(0; 0; 41,94)_{LR}$	$(22,58; 60; 72,9)_{LR}$	$(58,71; 90; 93,55)_{LR}$	$(84,52; 100; 100)_{LR}$

**Этап 1.** Для определения корректирующих параметров воспользуемся выражениями (2) и (3) т.е.:  $k_1^{(5)} = b_{dr} / 3 = 100/3 = 33,33$ ;  $l_1^{(5)} = (a_2^{(4)} - a_1^{(4)} + a_3^{(4)} - c_1^{(4)} + a_4^{(4)} - c_2^{(4)} + c_4^{(4)} - c_3^{(4)}) / 4 = (8,3 - 0 + 41,7 - 25 + 75 - 58,3 + 100 - 91,7) / 4 = 12,5$ ;  $l_2^{(5)} = (c_1^{(4)} - a_2^{(4)} + c_2^{(4)} - a_3^{(4)} + c_3^{(4)} - a_4^{(4)}) / 3 = (25 - 8,3 + 58,3 - 41,7 + 91,7 - 75) / 3 = 16,67$ ;  $l^{(5)} = l_1^{(5)} + l_2^{(5)} = 12,5 + 16,67 = 29,17$ .

**Этап 2.** Определение номера расширяющей вершины осуществим с помощью (4), т.е.:  $x_1 = b_2^{(4)} - b_1^{(4)} = 33,33 - 0 = 33,33$ ;  $x_2 = b_3^{(4)} - b_2^{(4)} = 66,66 - 33,33 = 33,33$ ;  $x_3 = b_4^{(4)} - b_3^{(4)} = 99,99 - 66,66 = 33,33$ . Как видно:  $s=1+1=2$  при  $(x_2 \geq k_1^{(5)} \geq x_1) \Rightarrow (33,33 \geq 33,33 \geq 33,33)$ ;  $s=2+1=3$  при  $(x_3 \geq k_1^{(5)} \geq x_2) \Rightarrow (33,33 \geq 33,33 \geq 33,33)$ , и т.д. Поскольку тип распределения НЧ

равномерный, то расширяющих вершин будет несколько и таким образом, в качестве  $s$  можно использовать любую из  $j (j = \overline{1, 3})$ . Исходя из этого, например, встраивание дополнительного терма осуществим после второй вершины, т.е. между вторым и третьим термом  $\underline{T}_{DR}^{(4)}$ .

**Этап 3.** Согласно (5) и (6), вычислим значения абсцисс верхнего и нижнего основания треугольных НЧ т.е.:  $b_1^{(5)'} = b_1^{(4)} = 0$  при  $1 < 2$ ;  $b_2^{(5)'} = b_2^{(4)} = 33,33$  при  $2 = 2$ ;  $b_3^{(5)'} = b_2^{(4)} + k_1^{(5)} = 33,33 + 33,33 = 66,66$  при  $3 > 2$ ;  $b_4^{(5)'} = b_3^{(4)} + k_1^{(5)} = 66,66 + 33,33 = 99,99$  при  $4 > 2$ ;  $b_5^{(5)'} = b_4^{(4)} + k_1^{(5)} = 99,99 + 33,33 = 133,32$  при  $5 > 2$ . Таким образом, определены абсциссы верхнего основания и аналогично вычислим для нижнего основания, т.е.:

$a_1^{(5)'} = a_1^{(4)} = 0$  при  $1 < 4$ ;  $a_2^{(5)'} = a_2^{(4)} = 8,33$  при  $2 < 4$ ;  $c_1^{(5)'} = c_1^{(4)} = 25$  при  $1 < 2$ ;  $a_3^{(5)'} = a_3^{(4)} = 41,66$  при  $3 < 4$ ;  $c_2^{(5)'} = a_3^{(4)} + l_2^{(5)} = 41,66 + 16,67 = 58,33$  при  $2 = 2$ ;  $a_4^{(5)'} = c_2^{(4)} + l_1^{(5)} = 58,33 + 12,5 = 70,83$  при  $4 = 4$ ;  $c_3^{(5)'} = c_2^{(4)} + l^{(5)} = 58,33 + 29,17 = 87,50$  при  $3 > 2$ ;  $a_5^{(5)'} = a_4^{(4)} + l^{(5)} = 75 + 29,17 = 104,16$  при  $5 > 4$ ;  $c_4^{(5)'} = c_3^{(4)} + l^{(5)} = 91,7 + 29,17 = 120,83$  при  $4 > 2$ ;  $c_5^{(5)'} = c_4^{(4)} + l^{(5)} = 100 + 29,17 = 129,16$  при  $5 > 2$ .

**Этап 4.** С помощью выражений (7)-(10) на основе двухшаговой последовательности (при  $b_{dr} = c_{dr} = 100$ ) осуществим нормирование полученных эталонных значений.

Шаг 1. Вычисляем нормирующие коэффициенты по выражениям (7) и (8), т.е.:  $k^{(5)} = b_{dr} / b_5^{(5)'} = 100 / 133,32 = 0,75$ ;  $l_3^{(5)} = c_{dr} / c_5^{(5)'} = 100 / 129,16 = 0,77$ .

Шаг 2. Нормируем полученные на этапе 3 эталонные значения с помощью выражений (9) и (10), т.е.:  $b_1^{(5)} = b_1^{(5)'} \times k^{(5)} = 0 \times 0,75 = 0$ ;  $b_2^{(5)} =$

$b_2^{(5)'} \times k^{(5)} = 33,33 \times 0,75 = 25$ ;  $b_3^{(5)} = b_3^{(5)'} \times k^{(5)} = 66,66 \times 0,75 = 50$ ;  $b_4^{(5)} = b_4^{(5)'} \times k^{(5)} = 99,99 \times 0,75 = 75$ ;  $b_5^{(5)} = b_5^{(5)'} \times k^{(5)} = 133,32 \times 0,75 = 100$ ;  
 $a_1^{(5)} = a_1^{(5)'} \times l_3^{(5)} = 0 \times 0,77 = 0$ ;  $a_2^{(5)} = a_2^{(5)'} \times l_3^{(5)} = 8,33 \times 0,77 = 6,45$ ;  $a_3^{(5)} = a_3^{(5)'} \times l_3^{(5)} = 41,66 \times 0,77 = 32,26$ ;  $a_4^{(5)} = a_4^{(5)'} \times l_3^{(5)} = 70,83 \times 0,77 = 54,84$ ;  
 $a_5^{(5)} = a_5^{(5)'} \times l_3^{(5)} = 104,16 \times 0,77 = 80,65$ ;  
 $c_1^{(5)} = c_1^{(5)'} \times l_3^{(5)} = 25 \times 0,77 = 19,35$ ;  $c_2^{(5)} = c_2^{(5)'} \times l_3^{(5)} = 58,33 \times 0,77 = 45,16$ ;  $c_3^{(5)} = c_3^{(5)'} \times l_3^{(5)} = 87,5 \times 0,77 = 67,74$ ;  $c_4^{(5)} = c_4^{(5)'} \times l_3^{(5)} = 120,83 \times 0,77 = 93,55$ ;  
 $c_5^{(5)} = c_5^{(5)'} \times l_3^{(5)} = 129,16 \times 0,77 = 100$ .

В результате инкрементирования порядка исходной ЛП (11) получим, например,  $\underline{T}_{DR}^{(5)}$  с лингвистическими значениями в (12) и соответствующими числовыми эквивалентами, значения которых определяются на шаге 2 этапа 4. Результирующие значения, полученные в процессе вычисления, внесены в табл. 2.

Таблица 2

Инкрементированные эталонные треугольные НЧ

Тип распределения НЧ ЛП DR	НЧ $\underline{T}_{DR_j} = (a_j, b_j, c_j)_{LR} (j = \overline{1,5})$				
	$\underline{T}_{DR_1}$	$\underline{T}_{DR_2}$	$\underline{T}_{DR_3}$	$\underline{T}_{DR_4}$	$\underline{T}_{DR_5}$
Равномерный	$(0; 0; 19,35)_{LR}$	$(6,45; 25; 45,16)_{LR}$	$(32,26; 50; 67,74)_{LR}$	$(54,84; 75; 93,55)_{LR}$	$(80,65; 100; 100)_{LR}$
Неравномерный	$(0; 0; 29,85)_{LR}$	$(7,65; 16,5; 51,79)_{LR}$	$(34,44; 41,5; 77,04)_{LR}$	$(57,91; 74,5; 93,88)_{LR}$	$(83,16; 100; 100)_{LR}$
Возрастающий	$(0; 0; 11,91)_{LR}$	$(3,85; 3,75; 31,78)_{LR}$	$(13,85; 15; 55,21)_{LR}$	$(40,02; 40; 82,62)_{LR}$	$(67,44; 100; 100)_{LR}$
Убывающий	$(0; 0; 32,63)_{LR}$	$(17,57; 45; 56,71)_{LR}$	$(45,67; 70; 78,92)_{LR}$	$(67,88; 92,5; 94,98)_{LR}$	$(87,96; 100; 100)_{LR}$

Далее вычислим условие равномерности для  $\underline{T}_{DR}^{(5)} : \Omega_p = (25 - 0 = 50 - 25) \wedge (50 - 25 = 75 - 50) \wedge (75 - 50 = 100 - 75) = 1$ .

Как видим  $\underline{T}_{DR}^{(5)}$  так же, как и  $\underline{T}_{DR}^{(4)}$  имеет  $\Omega_p = 1$ , что говорит об эквивалентности выполненных преобразований. Графическая интерпретация исходных и преобразованных эталонов равномерно распределенных НЧ  $\underline{T}_{DR}^{(4)}$  и  $\underline{T}_{DR}^{(5)}$  приведена на рис. 1.

**Пример 2 – неравномерный тип распределения.** Пусть исходная ЛП DR<sup>(4)</sup> также, как и в примере 1, определяется терминами из (11). Рас-

смотрим работу метода на примере неравномерно распределенных НЧ с соответствующими числовыми эквивалентами  $\underline{T}_{DR_j} (j = \overline{1,4})$  из табл. 1, т.е. для которых будет истинным условие неравномерности (см. (7) в [4]):  $\Omega_n = (b_2 - b_1 \neq b_3 - b_2) \vee (b_3 - b_2 \neq b_4 - b_3) = (22 - 0 \neq 66 - 22) \vee (66 - 22 \neq 100 - 66) = 1 \vee 1 = 1$ . Как видно  $\Omega_n = 1$ , следовательно НЧ ЛП DR<sup>(4)</sup> соответствуют неравномерному типу распределения.

Далее выполним, в соответствии с этапами 1-4, однократное инкрементирование ЛП DR<sup>(4)</sup> по выражению (13).

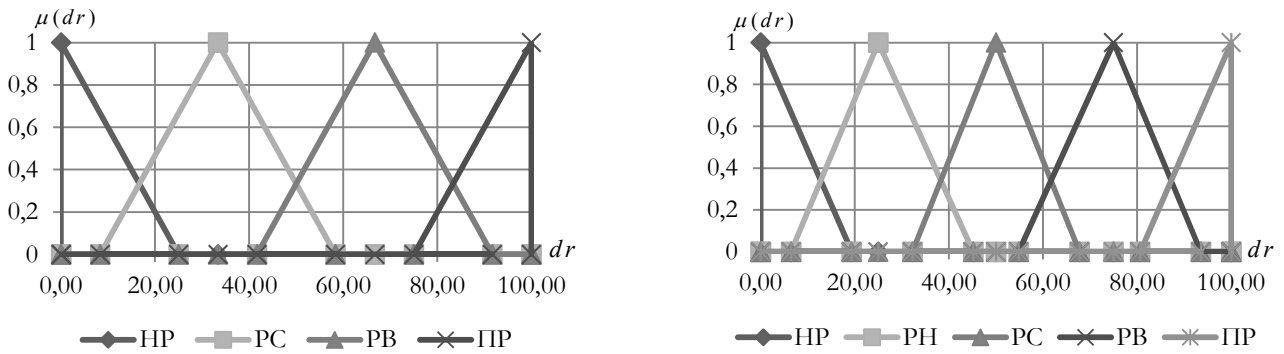


Рис. 1. Термы эталонных значений равномерно распределенных НЧ для ЛП  $DR$  при  $\underline{T}_{DR}^{(4)}$  и  $\underline{T}_{DR}^{(5)}$

**Этап 1.** Реализуем поиск корректирующих параметров по выражениям (2) и (3), т.е.:  $k_1^{(5)} = 33,33$ ;  $l_1^{(5)} = 8$ ;  $l_2^{(5)} = 22,67$ ;  $l^{(5)} = 30,67$ .

**Этап 2.** Осуществим определение номера расширяющей вершины по формуле (4), т.е.:  $x_1 = 22$ ;  $x_2 = 44$ ;  $x_3 = 34$ , тогда  $s=2$  при  $(x_2 \geq k_1^{(5)} \geq x_1) \Rightarrow (44 \geq 33,33 \geq 22)$ . В этом примере встраивание дополнительного терма будем осуществлять после второй вершины, т.е. между вторым и третьим термом  $\underline{T}_{DR}^{(4)}$ .

**Этап 3.** Реализуем вычисление значений абсцисс верхнего и нижнего основания треугольных НЧ с помощью выражений (5) и (6), т.е.:  $b_1^{(5)'} = b_1^{(4)} = 0$ ;  $b_2^{(5)'} = b_2^{(4)} = 22$ ;  $b_3^{(5)'} = b_2^{(4)} + k_1^{(5)} = 55,33$ ;  $b_4^{(5)'} = b_3^{(4)} + k_1^{(5)} = 99,33$ ;  $b_5^{(5)'} = b_4^{(4)} + k_1^{(5)} = 133,33$ ;  $a_1^{(5)'} = a_1^{(4)} = 0$ ;  $a_2^{(5)'} = a_2^{(4)} = 10$ ;  $a_3^{(5)'} = a_3^{(4)} = 45$ ;  $a_4^{(5)'} = c_2^{(5)'} + l_1^{(5)} = 75,67$ ;  $a_5^{(5)'} = a_4^{(4)} + l^{(5)} = 108,67$ ;  $c_1^{(5)'} = c_1^{(4)} = 39$ ;  $c_2^{(5)'} = a_3^{(4)} + l_2^{(5)} = 67,67$ ;  $c_3^{(5)'} = c_2^{(4)} + l^{(5)} = 100,67$ ;  $c_4^{(5)'} = c_3^{(4)} + l^{(5)} = 122,67$ ;  $c_5^{(5)'} = c_4^{(4)} + l^{(5)} = 130,67$ .

**Этап 4.** С помощью выражений (7)-(10) посредством 2-х шагов осуществим нормирование полученных значений.

Шаг 1. Находим нормирующие коэффициенты с помощью (7) и (8), т.е.:  $k^{(5)} = 0,75$ ;  $l_3^{(5)} = 0,77$ .

Шаг 2. Реализуем нормирование полученных эталонов согласно выражениям (9) и (10), т.е.:  $b_1^{(5)} = 0$ ;  $b_2^{(5)} = 16,50$ ;  $b_3^{(5)} = 41,5$ ;  $b_4^{(5)} = 74,5$ ;  $b_5^{(5)} =$

$100$ ;  $a_1^{(5)} = 0$ ;  $a_2^{(5)} = 7,65$ ;  $a_3^{(5)} = 34,44$ ;  $a_4^{(5)} = 57,91$ ;  $a_5^{(5)} = 83,16$ ;  $c_1^{(5)} = 29,85$ ;  $c_2^{(5)} = 51,79$ ;  $c_3^{(5)} = 77,04$ ;  $c_4^{(5)} = 93,88$ ;  $c_5^{(5)} = 100$ .

В результате однократного инкрементирования получим, например, для  $\underline{T}_{DR}^{(5)}$  конкретные значения термов (12), а их числовые эквиваленты отобразим в табл. 2.

После проведенных преобразований вычислим  $\Omega_n$  для  $\underline{T}_{DR}^{(5)}$ :  $\Omega_n = (16,5 - 0 \neq 41,5 - 16,5) \vee (41,5 - 16,5 \neq 74,5 - 41,5) \vee (74,5 - 41,5 \neq 100 - 74,5) = 1$ . Условие неравномерности  $\underline{T}_{DR}^{(5)}$  так же, как и  $\underline{T}_{DR}^{(4)}$  является истинно  $\Omega_n = 1$ , что говорит об эквивалентности выполненных преобразований.

Графическая интерпретация исходных и преобразованных эталонов неравномерно распределенных НЧ  $\underline{T}_{DR}^{(4)}$  и  $\underline{T}_{DR}^{(5)}$  приведена на рис. 2.

**Пример 3 – возрастающий тип распределения.** Покажем работу представленного метода для ЛП  $DR^{(4)}$  с термами (11), числовые значения которых  $\underline{T}_{DR_j}$  ( $j = \overline{1,4}$ ) из табл. 1 имеют возрастающий

тип распределения, т.е. для которых истинным является условие возрастания (см. (8) в [4]):  $\Omega_e = (b_2 - b_1 < b_3 - b_2) \wedge (b_3 - b_2 < b_4 - b_3) = (5 - 0 < 20 - 5) \wedge (20 - 5 < 100 - 20) = 1 \wedge 1 = 1$ . Как видно, условие  $\Omega_e = 1$  истинно, что говорит о соответствии НЧ ЛП  $DR^{(4)}$  возрастающему типу распределения.

По аналогии с примером для равномерно распределенных НЧ произведем, в соответствие с этапами 1-4 преобразования (13).

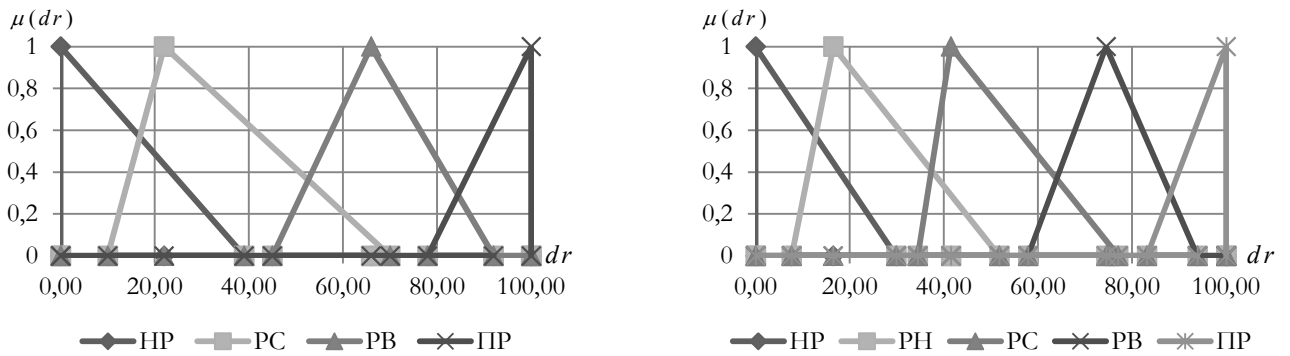


Рис. 2. Термы эталонных значений неравномерно распределенных НЧ для ЛП  $DR$  при  $T_{DR}^{(4)}$  и  $T_{DR}^{(5)}$

**Этап 1.** Реализуем поиск корректирующих параметров по выражениям (2) и (3), т.е.:  $k_1^{(5)} = 33,33$ ;  $l_1^{(5)} = 10,2$ ;  $l_2^{(5)} = 19,73$ ;  $l^{(5)} = 29,93$ .

**Этап 2.** Определим номер расширяющей вершины по формуле (4), т.е.:  $x_1 = 5$ ;  $x_2 = 15$ ;  $x_3 = 80$ , тогда  $s=3$  при  $(x_3 \geq k_1^{(5)} \geq x_2) \Rightarrow (80 \geq 33,33 \geq 15)$ . Здесь встраивание дополнительного терма будем осуществлять после третьей вершины, т.е. между третьим и четвертым термом  $T_{DR}^{(4)}$ .

**Этап 3.** С помощью выражений (5) и (6) реализуем вычисление значений абсцисс верхнего и нижнего основания треугольных НЧ, т.е.:  $b_1^{(5)'} = 0$ ;  $b_2^{(5)'} = 5$ ;  $b_3^{(5)'} = 20$ ;  $b_4^{(5)'} = 53,33$ ;  $b_5^{(5)'} = 133,3$ ;  $a_1^{(5)'} = 0$ ;  $a_2^{(5)'} = 5$ ;  $a_3^{(5)'} = 18$ ;  $a_4^{(5)'} = 52$ ;  $a_5^{(5)'} =$

$87,62$ ;  $c_1^{(5)'} = 15,48$ ;  $c_2^{(5)'} = 41,29$ ;  $c_3^{(5)'} = 71,73$ ;  $c_4^{(5)'} = 107,35$ ;  $c_5^{(5)'} = 129,93$ .

**Этап 4.** За два шага нормируем полученные результаты с помощью выражений (7)-(10).

Шаг 1. Вычисляем нормирующие коэффициенты (см. (7) и (8)), т.е.:  $k^{(5)} = 0,75$ ;  $l_3^{(5)} = 0,77$ .

Шаг 2. Нормируем полученные на этапе 3 эталоны (см. (9) и (10)), т.е.:  $b_1^{(5)} = 0$ ;  $b_2^{(5)} = 3,75$ ;  $b_3^{(5)} = 15$ ;  $b_4^{(5)} = 40$ ;  $b_5^{(5)} = 100$ ;  $a_1^{(5)} = 0$ ;  $a_2^{(5)} = 3,85$ ;  $a_3^{(5)} = 13,85$ ;  $a_4^{(5)} = 40,02$ ;  $a_5^{(5)} = 67,44$ ;  $c_1^{(5)} = 11,91$ ;  $c_2^{(5)} = 31,78$ ;  $c_3^{(5)} = 55,21$ ;  $c_4^{(5)} = 82,62$ ;  $c_5^{(5)} = 100$ .

В результате чего для  $T_{DR}^{(5)}$  (см. (12)) получим значения термов, числовые эквиваленты которых занесены в табл. 2 (см. рис. 3).

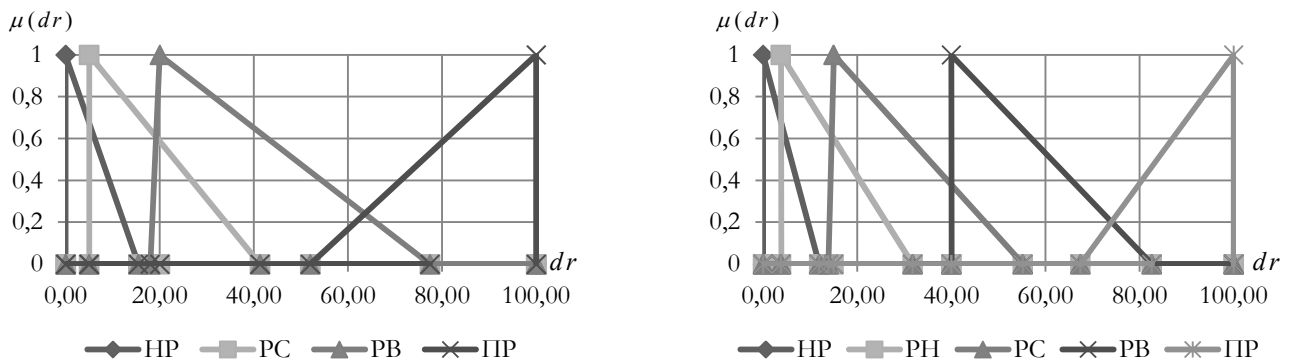


Рис. 3. Термы эталонных значений с возрастающим типом распределения НЧ для ЛП  $DR$  при  $T_{DR}^{(4)}$  и  $T_{DR}^{(5)}$

Далее проверим условие возрастания для  $T_{DR}^{(5)}$ :  $\Omega_e = (3,75 - 0 < 15 - 3,75) \wedge (15 - 3,75 < 40 - 15) \wedge (40 - 15 < 100 - 40) = 1 \wedge 1 \wedge 1 = 1$ . Как видим, значение  $\Omega_e = 1$  для  $T_{DR}^{(5)}$  является истинным, что говорит об адекватности выполняемых преобразований.

**Пример 4 – убывающий тип распределения.** Реализуем трансформирование НЧ ЛП  $DR^{(4)}$ , которые принимают значения (11) с их числовыми эквивалентами из табл. 1 и имеют убывающий тип распределения, т.е. для которых истинным является условие убывания (см. (9) в [4])  $\Omega_y = (b_2 - b_1 > b_3 - b_2) \wedge (b_3 - b_2 > b_4 - b_3) = (60 - 0 > 90 - 60) \wedge (90 - 60 > 100 - 90) = 1 \wedge 1 = 1$ .

Как видим условие  $\Omega_y = 1$  истинно, значит НЧ ЛП  $DR^{(4)}$  соответствует убывающему типу распределения.

Реализуем в соответствие с этапами 1-4 однократное инкрементирование (13) ЛП  $DR^{(4)}$ .

**Этап 1.** Определим корректирующие параметры по выражениям (2) и (3), т.е.:  $k_1^{(5)} = 33,33$ ;  $l_1^{(5)} = 14,36$ ;  $l_2^{(5)} = 14,19$ ;  $l^{(5)} = 28,55$ .

**Этап 2.** Произведем поиск номера расширяющей вершины по формуле (4), т.е.:  $x_1 = 60$ ;  $x_2 = 30$ ;  $x_3 = 10$ , тогда  $s=2$  при  $(x_2 \leq k_1^{(5)} \leq x_1) \Rightarrow (30 \leq 33,33 \leq 60)$ . В этом примере также, как при неравномерном типе распределения, встраивание дополнительного терма будем осуществлять после второй вершины, т.е. между вторым и третьим термом  $\tilde{T}_{DR}^{(4)}$ .

**Этап 3.** Вычислим значения абсцисс верхнего и нижнего основания треугольных НЧ с помощью выражений (5) и (6), т.е.:  $b_1^{(5')} = 0$ ;  $b_2^{(5')} = 60$ ;

$$b_3^{(5')} = 93,33; b_4^{(5')} = 123,33; b_5^{(5')} = 133,33; a_1^{(5')} = 0; a_2^{(5')} = 22,58; a_3^{(5')} = 58,71; a_4^{(5')} = 87,26; a_5^{(5')} = 113,07; c_1^{(5')} = 41,94; c_2^{(5')} = 72,9; c_3^{(5')} = 101,45; c_4^{(5')} = 122,1; c_5^{(5')} = 128,55.$$

**Этап 4.** Нормируем полученные результаты с помощью выражений (7)-(10) за два шага.

Шаг 1. Вычисляем нормирующие коэффициенты по выражениям (7) и (8), т.е.:  $k^{(5)} = 0,75$ ;  $l_3^{(5)} = 0,78$ .

Шаг 2. Нормируем полученные эталоны с помощью формул (9) и (10), т.е.:  $b_1^{(5)} = 0$ ;  $b_2^{(5)} = 45$ ;  $b_3^{(5)} = 70$ ;  $b_4^{(5)} = 92,5$ ;  $b_5^{(5)} = 100$ ;  $a_1^{(5)} = 0$ ;  $a_2^{(5)} = 17,57$ ;  $a_3^{(5)} = 45,67$ ;  $a_4^{(5)} = 67,88$ ;  $a_5^{(5)} = 87,96$ ;  $c_1^{(5)} = 32,63$ ;  $c_2^{(5)} = 56,71$ ;  $c_3^{(5)} = 78,92$ ;  $c_4^{(5)} = 94,98$ ;  $c_5^{(5)} = 100$ .

В результате чего для  $\tilde{T}_{DR}^{(5)}$  (см. (12)) получим значения термов, числовые эквиваленты которых занесены в табл. 2 (см. рис. 4).

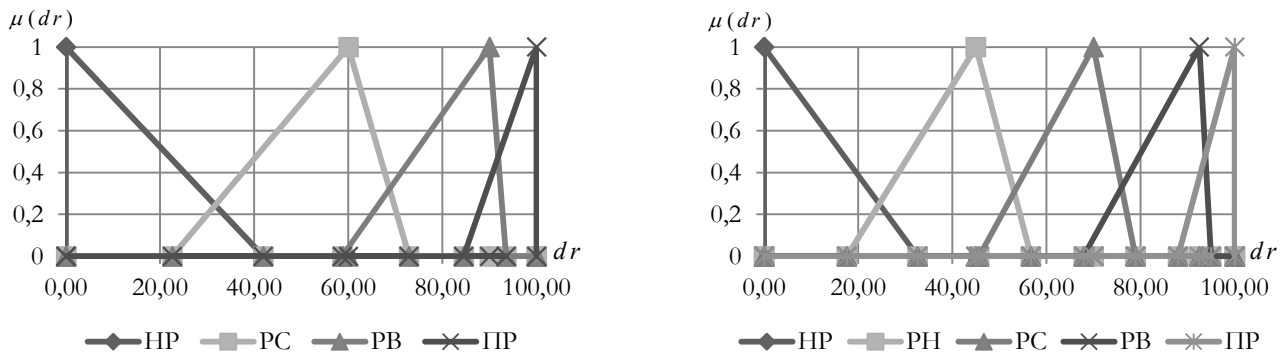


Рис. 4. Термы эталонных значений с убывающим типом распределения НЧ для ЛП  $DR$  при  $\tilde{T}_{DR}^{(4)}$  и  $\tilde{T}_{DR}^{(5)}$

Проверим условие убывания для  $\tilde{T}_{DR}^{(5)}$ :  $\Omega_y = (45 - 0 > 70 - 45) \wedge (70 - 45 > 92,5 - 70) \wedge (92,5 - 70 > 100 - 9,52) = 1 \wedge 1 \wedge 1 = 1$ .

Как видно значения  $\Omega_y$  для  $\tilde{T}_{DR}^{(5)}$  также, как и для  $\tilde{T}_{DR}^{(4)}$  является истинным, что позволяет сделать вывод об адекватности преобразований.

Таким образом, с целью совершенствования работы системы анализа и оценивания рисков ИБ, предложен метод инкрементирования порядка лингвистических переменных, в котором за счет модификации функции однократного инкрементирования, расширяется возможность формализации процесса эквивалентного транс-

формирования числа эталонных термов параметрических треугольных НЧ ЛП на один порядок без привлечения экспертов соответствующей предметной области, что позволяет автоматизировать процесс формирования новых эталонов.

**ЛИТЕРАТУРА**

[1]. Корченко А.Г. Анализ и оценивание рисков информационной безопасности / А.Г. Корченко, А.Е. Архипов, С.В. Казмирчук // Монография. – К.: ООО «Лазурит-Полиграф», 2013. – 275 с.  
 [2]. Корченко А.Г. Метод реализации функции трансформирования эталонов в задачах анализа и оценивания рисков / А.Г. Корченко, Б.С. Ахметов, С.В. Казмирчук, А.Ю. Гололобов // Безпека інформації. – 2015. – Т.21. – №1. – С. 104-112.

- [3]. Корченко А.Г. Построение систем защиты информации на нечетких множествах. Теория и практические решения / А.Г. Корченко – К.: «МК-Пресс», 2006. – 320с.
- [4]. Корченко А.Г. Метод преобразования эталонов параметров для систем анализа и оценивания рисков информационной безопасности / А.Г. Корченко, С.В. Казмирчук, А.Ю. Гололобов // Защита информации – 2013. – Том 15 №4. – С. 359-365.

## REFERENCES

- [1]. Korchenko A.G., Arkhipov A.E., Kazmirchuk S.V. Analysis and assessment of information security risks, Monograph., K: LLC «Lazurit-Polygraph», 2013, 275 p.
- [2]. Korchenko A.G., Akhmetov B., Kazmirchuk S., Golobov A. Method of function realization for transformation etalons in risk analysis and assessment, Ukrainian Scientific Journal of Information Security, 2015, vol. 21, issue 1, p. 104-112.
- [3]. Korchenko A.G. The construction of security systems on the fuzzy sets. Theory and practical solutions, 2006, 320 p.
- [4]. Korchenko A.G., Kazmirchuk S.V. The conversion method of reference parameters for systems analysis and information security risk assessment, Zahist informacii, 2013, Vol. 15 №4, pp. 359-365.

## МЕТОД ІНКРЕМЕНТУВАННЯ ПОРЯДКУ ЛІНГВІСТИЧНИХ ЗМІННИХ ДЛЯ СИСТЕМ АНАЛІЗУ І ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ

Існує система аналізу і оцінювання ризиків інформаційної безпеки, яка ґрунтується на обробці лінгвістичних змінних. Ці змінні базуються на еталонних параметричних трапецієподібних нечітких числах з фіксованою кількістю терм-множин. Ефективність практичного використання такої системи залежить від її можливостей обробляти різні, додаткові типи параметричних нечітких чисел і корекції еталонів без залучення необхідних експертів. Для вирішення такого завдання пропонується метод інкрементування порядку лінгвістичних змінних на трикутних нечітких числах з використанням експертних оцінок, зроблених на етапі налаштування системи. Це розширить можливість існуючих систем аналізу та оцінювання ризиків інформаційної безпеки і сприятиме подальшому розвитку методу реалізації функції трансформування термів для трикутних нечітких чисел.

**Ключові слова:** ризик, аналіз ризиків, оцінювання ризиків, система аналізу та оцінювання ризиків, нечітка змінна, функція трансформування термів лінгвістичних змінних, одноразове інкрементування, трикутні нечіткі числа.

## METHOD OF INCREMENT ORDER OF LINGUISTIC VARIABLES FOR RISK ANALYSIS AND ASSESSMENT SYSTEMS

The known information security assessment risk system (developed by authors) is based on processing methods of linguistic variables. These variables are based on the standard parametric trapezoidal fuzzy numbers with a fixed number of term sets. Etalons are defined by experts at the stage of base units initialization during setting-up system. Efficiency of its use would increase if it is available to correct etalons without the involvement of appropriate experts. To solve this problem authors propose a method of function realization for linguistic variables etalons transformation based on a single incrementation the terms number using expert estimates made during system setting-up. This will simplify the procedure for correcting etalons, by implementing a single process incrementation the number of terms for trapezoidal fuzzy numbers.

**Index terms:** risk, risk assessment, risk evaluation, information security assessment risk system, fuzzy variable, function for linguistic variables etalons transformation, trapezoidal fuzzy numbers, single incrementation.

**Корченко Александр Григорьевич**, доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, заведующий кафедрой безопасности информационных технологий Национального авиационного университета.  
E-mail: icaocentre@nau.edu.ua.

**Корченко Олександр Григорович**, доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, завідувач кафедрою безпеки інформаційних технологій Національного авіаційного університету.

**Korchenko Oleksandr**, doctor of technical sciences, professor, laureate of the State Prize of Ukraine in Science and Technology, Head of IT-Security Academic Department, National Aviation University (Kyiv, Ukraine).

**Казмирчук Светлана Владимировна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры безопасности информационных технологий Национального авиационного университета.

E-mail: sv.kazmirchuk@gmail.com.

**Казмірчук Світлана Володимирівна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки інформаційних технологій Національного авіаційного університету.

**Kazmirchuk Svitlana**, PhD in Eng., Associate Professor of IT-Security Academic Department, National Aviation University.



**Коваленко Юлія Борисовна**, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри безпеки інформаційних технологій Національного авіаційного університету.

E-mail: yleejulee22@gmail.com.

**Коваленко Юлія Борисівна**, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри безпеки інформаційних технологій Національного авіаційного університету.

**Kovalenko Yulia**, PhD, Associate Professor of IT-Security Academic Department, National Aviation University.

**Гололобов Андрей Юрьевич**, аспірант кафедри безпеки інформаційних технологій Національного авіаційного університету.

E-mail: burn2dust@gmail.com.

**Гололобов Андрій Юрійович**, аспірант кафедри безпеки інформаційних технологій Національного авіаційного університету.

**Gololobov Andrew**, postgraduate student of IT-Security Academic Department, National Aviation University.

УДК 004.056.5

## КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАГРОЗ ДЕРЖАВНИМ ІНФОРМАЦІЙНИМ РЕСУРСАМ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО СПРЯМУВАННЯ. МЕТОДОЛОГІЯ ПОБУДОВИ КЛАСИФІКАТОРА

*Олександр Юдін, Сергій Бучик*

*У статті проведено узагальнений авторами аналіз власних останніх досліджень та публікацій за тематикою побудови методології класифікатора загроз державним інформаційним ресурсам. Вказано, що підґрунтям для формування «Класифікатора загроз державним інформаційним ресурсам» є запропонований авторами метод «подвійної трійки захисту» інформаційних ресурсів, основою якого є дві платформи захисту. Перша платформа інформаційної безпеки – складові, що підлягають захисту (властивості інформації): конфіденційність; цілісність; доступність. Друга платформа інформаційної безпеки – складові, що реалізують систему захисту (методи та засоби): нормативно-правові; організаційні; інженерно-технічні. Показано місце загроз державним інформаційним ресурсам нормативно-правового спрямування в загальній системі класифікатора. Здійснено уточнення семантики класифікатора з урахуванням поділу загроз на стратегічні, до яких відносяться загрози, що стосуються питань національної безпеки, відсутності або невиконання цільових програм чи доктрин, послаблення галузевих взаємозв'язків органів державної й законодавчої влади, тощо та тактичні, що направлені безпосередньо на інформаційні системи обробки, зберігання і передачі державних інформаційних ресурсів. Визначені загрози нормативно-правового спрямування з урахуванням досвіду авторів, існуючої нормативно-правової бази та інших джерел інформації. Для здійснення подальшої кодифікації надалі кожен загрозу віднесено до певних параметрів: за джерелом загрози; за відношенням до інформаційного об'єкту; за характером загрози; за структурою впливу; за рівнем впливу. Намічено напрямки подальших досліджень, які мають бути направлені на визначення загроз організаційного та інженерно-технічного спрямування. Вказано на необхідність подальшого вдосконалення нормативної бази з метою захисту державних інформаційних ресурсів.*

**Ключові слова:** державні інформаційні ресурси, класифікатор загроз, загроза, нормативно-правове спрямування, конфіденційність, цілісність, доступність.

**Актуальність дослідження.** Спираючись на дослідження, які були проведені авторами та опубліковані раніше [1, 2, 3], виникає необхідність в здійсненні (в деяких випадках уточненні та приведенні з точки зору розширеного визначення державних інформаційних ресурсів [1]) розкриття загроз державним інформаційним ресурсам (ДІР) як нормативно-правового спрямування (НПС), що є предметом розгляду даної статті, так і організаційного та інженерно-технічного спрямування. Це в свою чергу обумовлює актуальність даної тематики.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Як вказано вище, авторами здійснено ретельний

аналіз проблеми створення методології побудови класифікатора загроз ДІР, основи якого закладені в роботах [4, 5], де викладено ряд сучасних теоретичних та практичних підходів до вирішення нормативно-правових та організаційно-технічних завдань для реалізації процесу захисту інформаційних ресурсів. Також основою для цього послужили роботи із нормативно-правового аналізу захисту ДІР [6], їх уразливості [7] та визначення переліку загроз [8]. В подальшому авторами визначено правові аспекти формування системи ДІР [1], уточнено деякі визначення, що відносяться до понять загроза ДІР та атака на ДІР [3] та, як результат, запропонована методологія