

DOI 10.33099/2618-1614-2022-20-3-4-53-57

УДК 355.02:51-77

В. В. Коваль,*кандидат військових наук, старший науковий співробітник, заступник начальника Генерального штабу Збройних Сил України, генерал-майор,***П. В. Щипанський,***кандидат військових наук, професор, заступник начальника університету з наукової роботи, Національний університет оборони України, генерал-майор,***А. К. Павліковський,***кандидат військових наук, доцент, начальник центру воєнно-стратегічних досліджень, Національний університет оборони України, полковник,***О. М. Загорка,***доктор військових наук, професор, головний науковий співробітник центру воєнно-стратегічних досліджень, Національний університет оборони України*

Застосування нечітко-множинного підходу до оцінювання ризику ескалації воєнно-політичної обстановки

Оцінювання ризику ескалації воєнно-політичної обстановки (ВПО) є найважливішим завданням органів державного і воєнного управління, за результатами якого мають упроваджуватися заходи щодо деескалації ВПО або протидії можливій агресії. У статті викладено методикою оцінювання ризику ескалації ВПО, наведено ієрархічну модель ризику ескалації ВПО. Оцінювання ризику здійснюється в умовах невизначеності чинників, які спричиняють загострення між державами в політичній, економічній, військовій та інформаційній сферах. Для оцінювання елементів ризику за чинниками використовується нечітко-множинний підхід.

Ключові слова: воєнно-політична обстановка, ризик ескалації, нечітко-множинний підхід.

© В. В. Коваль, П. В. Щипанський, А. К. Павліковський, О. М. Загорка, 2022

Постановка проблеми. Намагання керівництва окремих держав вирішувати політичні, економічні, етнічні та інші протиріччя з використанням різних форм насилля спричиняє небезпеку розв'язання не лише збройних конфліктів, а й повномасштабних війн. Забезпечення воєнної безпеки є основною цільовою функцією воєнної організації держави, виконання якої може досягатися за результатами комплексного організованого державного і воєнного управління, що ґрунтується на оцінюванні та управлінні допустимими рівнями ризику ескалації воєнно-політичної обстановки (ВПО).

Оцінювання ризику ескалації ВПО є найважливішим завданням, яке має виконуватись органами державного і воєнного управління для своєчасного здійснення заходів із запобігання розв'язанню воєнного конфлікту та протидії можливій агресії. Проблема полягає в урахуванні під час оцінювання ризику ескалації ВПО невизначеності чинників, котрі впливають на загострення обстановки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для оцінювання ВПО використовуються різні наукові методи. У праці [1] під час оцінювання ВПО визначається рівень воєнної небезпеки з використанням методу аналізу ієрархій (МАІ) [2]. У монографії [3] рівень безпеки оцінюється з використанням методів таксономії [4]. У працях [1, 3] завдання оцінювання ризику ескалації ВПО не розглядається, невизначеність чинників, що впливають на загострення воєнно-політичних відносин, ураховується не повною мірою.

Концептуальну модель ВПО наведено в монографії [5]. Як головний узагальнений показник у моделі взято напруженість воєнно-політичних відносин між державами. Оцінка ВПО ґрунтується на застосуванні нечіткої технології штучного інтелекту. Наведена модель дає змогу достатньо повно та обґрунтовано оцінювати напруженість воєнно-політичних відносин між державами під час проведення досліджень. Водночас корисним є розроблення методичних положень, спрямованих на оцінювання органами державного та воєнного управління ризику ескалації ВПО.

Мета статті полягає в розробленні методики оцінювання ризику ескалації ВПО.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до енциклопедичного уявлення ескалація (англ. *escalation*) – розширення, нарощування (озброєнь тощо), поширення (конфлікту тощо), загострення (положення тощо). Під ескалацією ВПО розуміють загострення політичних, економічних, воєнних та інформаційних відносин між державами (зростання напруженості відносин між державами). Стан відносин у перелічених сферах взаємопов'язаний, тому загострення економічних відносин розглядається сумісно з іншими сферами.

Під ризиком ескалації ВПО розуміють можливість негативного збігу зовнішніх умов (обставин), які спричиняють зростання напруженості відносин між державами.



Рис. 1. Узагальнена структурна схема методики оцінювання ризику ескалації ВПО

Знання ризику ескалації ВПО дає змогу попередньо оцінити виникнення кризової ситуації та своєчасно вжити заходів для її запобігання.

Ескалація ВПО викликає загострення відносин між державами, яке характеризується відповідними чинниками в політичній, економічній, військовій та інформаційній сферах. Вплив чинників на ескалацію ВПО характеризується елементами ризику, які є складовими ризику ескалації ВПО. Для оцінювання елементів ризику в умовах невизначеності чинників використовується нечітко-множинний підхід. Складений (інтегрований) ризик ескалації ВПО визначається як лінійна згортка елементів ризику з ваговими коефіцієнтами.

Узагальнена структурна схема методики оцінювання ризику ескалації ВПО наведена на *рисунку 1*.

Чинники у сферах, що впливають на ескалацію ВПО, визначаються евристичним методом. Для кожної сфери ($k = \overline{1, K}$) визначається m_k чинників ($j_k = \overline{1, m_k}$), де j_k – номер чинника у сфері. У нашому випадку $K = 4$. Для спрощення запису індекс k при номері чинника j_k можна опустити. Чинники характеризують:

- у політичній сфері – стан дипломатичних відносин, виконання договірних зобов'язань, наявність територіальних претензій, ступінь підтримки антиурядових сил тощо;
- в економічній сфері – стан виконання договорів, взаємної реалізації продукції, постачання енергоресурсів, функціонування комунікацій тощо;
- у військовій сфері – ступінь військової підтримки антиурядових сил, кількісно-якісний склад угруповання військ поблизу державного кордону, військових баз, рівень активізації виробництва озброєння тощо;
- в інформаційній сфері – рівень інформаційно-психологічного впливу на особовий склад збройних сил та населення, активізації кібератак, дезінформації населення тощо.

На *рисунку 2* з урахуванням методичного підходу праці [6] представлена модель ієрархічної структури складеного (інтегрованого) ризику ескалації ВПО, яка на другому рівні містить чотири головні елементи ризику – політичний (P_1), економічний (P_2), військовий (P_3) та інформаційний (P_4). Кожен елемент другого рівня відповідно до сукупності чинників m_k поділяється на елементи ризику першого рівня.

Відповідно до моделі, елементи ризику (перший рівень ієрархії) утворюють головні елементи ризику за сферами (другий рівень ієрархії), які є складовими ризику ескалації ВПО.

Для оцінювання складеного ризику визначаються важливості елементів ієрархії. Для цього здійснюється парне порівняння елементів ієрархії відповідно до МАІ [2]. Експертами відповідно до моделі (*рис. 2*) складаються п'ять квадратних обернено-симетричних матриць: на

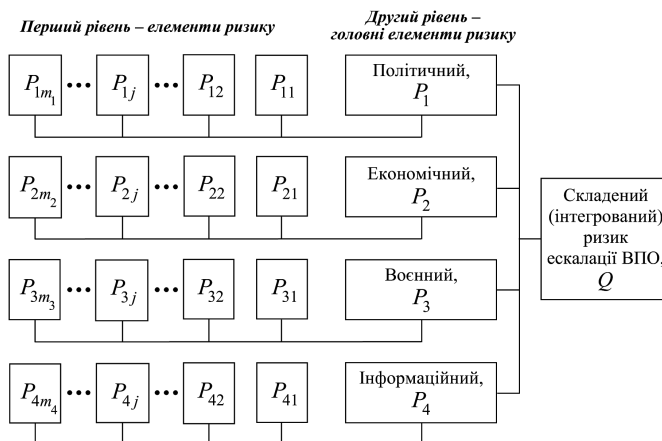


Рис. 2. Модель ієрархічної структури складеного (інтегрованого) ризику ескалації ВПО

другому рівні ієрархії – одна розміром (4×4) ; на першому рівні – чотири розмірами $(m_k \times m_k)$. Під час заповнення матриць експерти використовують дев'ятибальну шкалу [2]. По рядках матриць як середні геометричні отримують власні вектори, шляхом нормалізації компонентів яких визначаються пріоритети елементів, що порівнюються.

У таблиці 1, як приклад, наведена заповнена експертами матриця порівняння впливу головних елементів ризику $P_k(k = \overline{1,4})$ на складений ризик Q .

Таблиця 1

Порівняння впливу головних елементів ризику на складений ризик

Головні елементи ризику	P_1	P_2	P_3	P_4	Компоненти власного вектора	Компоненти вектора пріоритетів
P_1	1	1/2	1/3	2	0,76	0,160
P_2	2	1	1/2	3	1,32	0,278
P_3	3	2	1	4	2,21	0,466
P_4	1/2	1/3	1/4	1	0,45	0,095

Узгодженість суджень експертів перевіряється відповідно до праці [2]. Для цього розраховується відношення узгодженості (ВУ), яке має бути не більше 0,1. Для матриці, складеної експертами (табл. 1), $ВУ = 0,01$. Ваги головних елементів ризику складають: $\omega_1 = 0,160$; $\omega_2 = 0,278$; $\omega_3 = 0,466$; $\omega_4 = 0,095$.

Таким самим чином визначаються ваги елементів ризику $\beta_k(j = \overline{1, m_k})$ для першого рівня ієрархії (рис. 2), які характеризують їхній вплив на головні елементи ризику P_1-P_4 .

Елементи ризику (перший рівень ієрархії), як і в праці [6], визначаються двома факторами: ступенем і значущістю. Ступінь ризику характеризує наслідок від змінювання чинника у визначеній сфері, значущість ризику – вплив наслідку на сферу відносин між державами. У разі нечіткого оцінювання ступінь і значущість елементів ризику розглядаються як терми лінгвістичних змінних: дуже низький (ДН), низький (Н), середній (С), високий (В), дуже високий (ДВ). Для оцінювання експертами лінгвістичних змінних (фазифікації) використовуються трикутні терми [7], зручніші для обчислень. Лінгвістичне ранжирування ступеня та значущості елементів ризику наведено в таблиці 2.

Елементи ризику визначаються як добуток ступеня і значущості ризику [6].

Відповідно до таблиці 2 експертами визначаються терми, які утворюють трикутні функції належності ступеня і значущості елемента ризику $\mu(x)_r$, $\varphi(x)_i$. Якщо трикутні нечіткі числа функції належності $\mu(x)_r$ позначити як (a_r, b_r, d_r) , функції належності $\varphi(x)_i$ – як (a_i, b_i, d_i) , то трикутні нечіткі числа функції належності їхнього добутку $\nu(x)_{ri}$ визначаються за формулами:

Таблиця 2

Лінгвістичне ранжирування ступеня та значущості ризику

Номер ранжирування	Якісне значення для ступеня ризику (r)	Якісне позначення для значущості ризику (i)	Трикутні нечіткі числа
1	Дуже низький	Дуже незначна	(0; 0; 0,25)
2	Низький	Незначна	(0; 0,25; 0,50)
3	Середній	Середньо значуща	(0,25; 0,50; 0,75)
4	Високий	Значуща	(0,50; 0,75; 1,00)
5	Дуже високий	Дуже значуща	(0,75; 1,00; 1,00)

$$a_{ri} = a_r a_i; b_{ri} = b_r b_i; d_{ri} = d_r d_i. \quad (1)$$

На рисунку 3 показані функції належностей $\mu(x)_r$, $\varphi(x)_i$, $\nu(x)_{ri}$ для номерів лінгвістичного ранжирування $r = 3$, $i = 4$. Для цього прикладу $a_{34} = 0,125$; $b_{34} = 0,375$; $d_{34} = 0,750$.

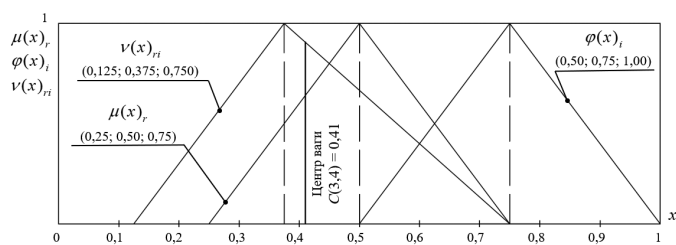


Рис. 3. Функції належності $\mu(x)_r$, $\varphi(x)_i$, $\nu(x)_{ri}$

За показник елемента ризику в методиці прийнятий центр ваги нечіткого числа [8] функції належності $\nu(x)_{ri}$. У загальному випадку для визначення центру ваги (С) діапазон змінювання нечіткого числа x розбивається на N інтервалів, довжина яких дорівнює

$$x_{n+1} - x_n = \frac{\max x - \min x}{N}, \quad n = \overline{1, N}. \quad (2)$$

Ураховуючи [8], центр ваги нечіткого числа визначається за формулою

$$C = \frac{\sum_n x_n \nu_n(x)}{\sum_n \nu_n(x)}, \quad (3)$$

де $\nu_n(x)$ – значення функції належності, яке відповідає n -му інтервалу нечіткого числа.

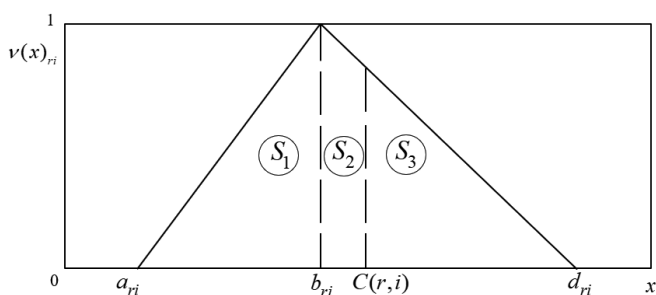
Для трикутної форми функції належності $\nu(x)_{ri}$ показник C можна визначити, виходячи з рівності площин, які поділяються центром ваги нечіткого числа (рис. 4).

Рівність площин відносно центру ваги $C(r,i)$ визначається виразом

$$S_1 + S_3 = S_2, \quad (4)$$

де

$$S_1 = \frac{b_{ri} - a_{ri}}{2}; \quad (5)$$

Рис. 4. Функція належності $v(x)_{ri}$

$$S_2 = \frac{d_{ri} - C(r, i)}{d_{ri} - b_{ri}} \cdot \frac{d_{ri} - C(r, i)}{2}; \quad (6)$$

$$S_3 = \frac{C(r, i) - b_{ri}}{d_{ri} - b_{ri}} \cdot \frac{C(r, i) - b_{ri}}{2} + \frac{d_{ri} - C(r, i)}{d_{ri} - b_{ri}} \cdot (C(r, i) - b_{ri}). \quad (7)$$

Шляхом підставлення (5)–(7) у вираз (4) і перетворень одержуємо квадратне рівняння

$$2C^2(r, i) - 4d_{ri}C(r, i) + d_{ri}(a_{ri} + b_{ri} + d_{ri}) - a_{ri}b_{ri} = 0. \quad (8)$$

Розв'язок квадратного рівняння має вигляд

$$C(r, i) = \frac{4d_{ri} \pm \sqrt{16d_{ri}^2 - 8[d_{ri}(a_{ri} + b_{ri} + d_{ri}) - a_{ri}b_{ri}]}}{4}. \quad (9)$$

Центр ваги $C(r, i)$ не може бути більше d_{ri} (рис. 4), тому

$$C(r, i) = d_{ri} - \frac{\sqrt{16d_{ri}^2 - 8[d_{ri}(a_{ri} + b_{ri} + d_{ri}) - a_{ri}b_{ri}]}}{4}. \quad (10)$$

Таким чином оцінюються всі елементи ризику $C(r, i)_{kj}$ відповідно до моделі на *рисунку 2*.

Головні елементи ризику P_k визначаються за формулою

$$P_k = \sum_{j=1}^{m_k} \beta_{kj} C(r, i)_{kj}. \quad (11)$$

Ризик ескалації ВПО

$$Q = \sum_{k=1}^K \omega_k P_k. \quad (12)$$

Для прийняття рішення про стан ВПО необхідно мати критеріальну шкалу ризику ескалації ВПО. Критерії ризику, наведені в *таблиці 3*, визначені з урахуванням шкали вимірювання дій (намірів) воєнно-політичних сил [5] та шкали для якісної оцінки напруженості міжнародних відносин [8].

Нечіткі терми ступеня і значущості ризику ескалації ВПО наведені за аналогією з термами, які використовуються експертами під час оцінювання елементів ризику (*табл. 2*).

Таблиця 3

Критерії ризику ескалації ВПО (варіант)

Стан ВПО	Нечіткі терми		Інтервали ризику Q
	ступеня ризику	значущості ризику	
Спокійна	Дуже низький	Дуже незначна	0–0,25
Погіршена	Низький	Незначна	0,26–0,50
Загострена	Середній	Середньо значуща	0,51–0,75
Кризова	Високий	Значуща	0,76–0,83
Передконфліктна	Дуже високий	Дуже значуща	0,84–1,00

З використанням наведеної методики розглянутий ілюстративний приклад оцінювання ризику ескалації ВПО. Експертами оцінювався стан ВПО на поточний час із урахуванням подій, які відбувались у політичній, економічній, воєнній та інформаційній сферах відносин між державами. Лінгвістичне ранжирування ступеня та значущості елементів ризику здійснювалося з використанням *таблиці 2*.

У *таблиці 4* наведені результати оцінювання елементів ризику відповідно до моделі ієрархічної структури складеного (інтегрованого) ризику ескалації ВПО.

У прикладі, що розглядається, в політичній сфері враховані $m_1 = 9$, в економічній сфері – $m_2 = 8$, у воєнній сфері – $m_3 = 9$, в інформаційній сфері – $m_4 = 7$ чинників, які впливають на ескалацію ВПО.

Змінювання елемента ризику $C(r = j)$ при рівних номерах лінгвістичного ранжирування його ступеня (r) і значущості (i) показано на *рисунку 5*. Рівність номерів лінгвістичного ранжирування дає змогу визначити залежність елемента ризику від рівня ранжирування. Значення елемента ризику суттєво збільшується в разі підвищення рівня ранжирування, що зумовлюється квадратним рівнянням (10).

На *рисунку 6* представлені головні елементи ризику P_k , розраховані за формулою (11). Найбільший головний ризик відповідає воєнній сфері відносин між державами.

Складений (інтегрований) ризик ескалації ВПО, розрахований за формулою (12), $Q = 0,461$.

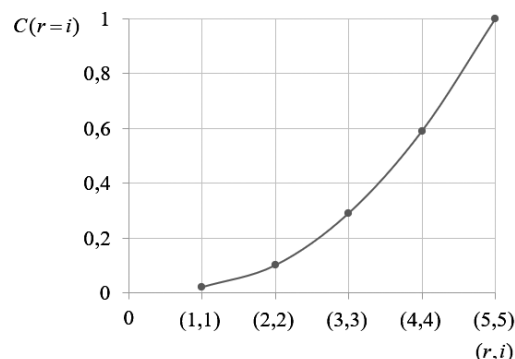


Рис. 5. Змінювання елемента ризику

Таблиця 4

Результати оцінювання елементів ризику

Номер елемента ризику, j	Головні елементи ризику, P_k											
	P_1			P_2			P_3			P_4		
	β_{1j}	(r,i)	$C(r,i)_{1j}$	β_{2j}	(r,i)	$C(r,i)_{2j}$	β_{3j}	(r,i)	$C(r,i)_{3j}$	β_{4j}	(r,i)	$C(r,i)_{4j}$
1	0,09	(2,3)	0,16	0,07	(1,1)	0,02	0,14	(3,4)	0,41	0,15	(2,2)	0,10
2	0,11	(1,4)	0,07	0,17	(4,4)	0,59	0,23	(5,5)	1,00	0,25	(2,4)	0,22
3	0,07	(2,5)	0,25	0,14	(2,4)	0,22	0,13	(4,5)	0,66	0,13	(3,4)	0,41
4	0,14	(2,2)	0,10	0,16	(3,4)	0,41	0,09	(3,5)	0,48	0,12	(1,4)	0,07
5	0,14	(3,3)	0,29	0,10	(2,3)	0,16	0,11	(4,4)	0,59	0,14	(3,3)	0,29
6	0,12	(3,4)	0,41	0,16	(4,5)	0,66	0,08	(3,4)	0,41	0,11	(3,4)	0,41
7	0,22	(4,5)	0,66	0,13	(2,2)	0,10	0,07	(3,4)	0,41	0,10	(3,5)	0,48
8	0,05	(3,5)	0,48	0,07	(2,5)	0,25	0,05	(3,3)	0,29	–	–	–
9	0,06	(1,2)	0,04	–	–	–	0,10	(4,5)	0,66	–	–	–

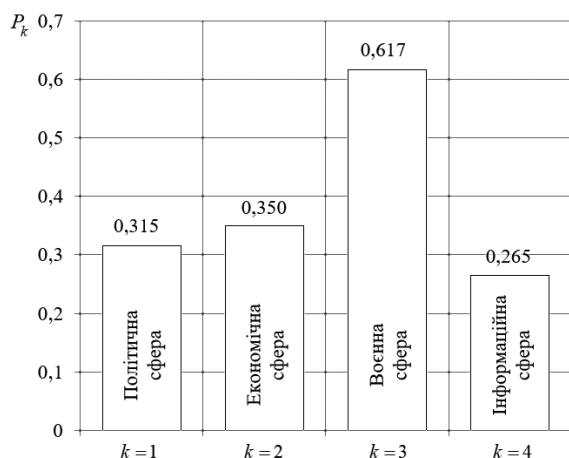


Рис. 6. Головні елементи ризику

Відповідно до критеріїв (табл. 3) цей ризик відповідає стану ВПО «погіршення» і наближається до стану «загострення», що зумовлює необхідність уживання заходів з її деескалації. Такі заходи можуть визначатися з аналізу елементів та головних елементів ризику, які є складовими ризику ескалації ВПО.

Висновки. Розроблено методику оцінювання ризику ескалації ВПО, котра враховує невизначеність чинників у політичній, економічній, воєнній та інформаційній сферах, які спричиняють загострення відносин між державами. Методика ґрунтується на використанні під час оцінювання ризику нечітко-множинного підходу.

Запропонована ієрархічна модель для оцінювання елементів ризику ВПО. Для оцінювання ваг елементів ризику, які є складовими інтегрованого ризику ескалації ВПО, використовується метод попарних порівнянь елементів ієрархії моделі. Оцінка елемента ризику визначається як добуток ступеня ризику і його значущості. За показник ризику прийнятий центр ваги нечіткого числа. Для оцінювання ступеня і значущості елементів ризику експерта-

ми використовуються лінгвістичні змінні, які описуються трикутними функціями належності. Складений (інтегрований) ризик ескалації ВПО визначається як лінійна згортка елементів ризику з ваговими коефіцієнтами.

Застосування методики для оцінювання ризику ескалації ВПО показано на прикладі.

Перелік літератури

1. Богданович В. Ю. Основи державного управління забезпеченням обороноздатності України: теорія і практика : монографія / В. Ю. Богданович, М. Ф. Єжеев, І. Ю. Свида. – Львів : ЛІСВ, 2008. – 300 с.
2. Саати Т. Аналитическое планирование: организация систем / Т. Саати, К. Кернс ; пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. – М. : Радио и связь, 1991. – 224 с.
3. Косевцов В. О. Національна безпека України: теорія, реальність, прогноз / В. О. Косевцов ; ЦМБСС. – К. : Сатсанга, 2000. – 80 с.
4. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в эконометрическом моделировании / В. Плюта. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 176 с.
5. Бочарников В. П. Системні воєнно-політичні риси сучасного конфлікту на території України : монографія / В. П. Бочарников, С. В. Свешніков, Р. І. Тимошенко. – Харків : ХНУПС, 2019. – 206 с.
6. Статюха Г. О. Оцінка складеного екологічного ризику технологічного виробництва із застосуванням теорії нечітких множин та методу аналізу ієрархій / Г. О. Статюха, Ю. О. Безносик, Л. М. Бугаєва, Р. Рахі // Інтелектуальний аналіз інформації (ІАІ-2006) : зб. праць VI міжнар. конф., 16–19 травня 2006 р., м. Київ / НТУУ «КПІ». – К. : Просвіта, 2006. – С. 272–281.
7. Герасимов Б. М. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности : монография / Б. М. Герасимов, М. М. Дивизинюк, И. Ю. Субач. – Севастополь : НИЦ ВС Украины «Государственный океанариум», 2004. – 320 с.
8. Свешников С. В. Основы нечеткой технологии и примеры решения аналитических задач в государстве и бизнесе / С. В. Свешников, В. П. Бочарников. – М. : ДМК Пресс, 2014. – 408 с.