

УДК 006.015.2+623.4

DOI: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2023.4\(40\).28-33](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2023.4(40).28-33)**Є. О. КУРБЕТ***(Департамент Державного гарантування якості
Міністерства оборони України)*

МЕТОДИКА ОЦІНКИ РИЗИКІВ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ ОБОРОННОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті розглянуто особливості оцінки ризиків у системі управління якістю продукції оборонного призначення та визначено ключові елементи підсистеми управління ризиками. Запропоновано використання теорії нечітких множин та експертних оцінок для оцінки ризиків. У якості вхідних даних використовуються сформований перелік ризикоутворюючих факторів в системі управління якістю продукції оборонного призначення та в подальшому множина ризиків, які представлені вхідними лінгвістичними змінними із використанням даних експертного оцінювання. Методика передбачає структурування ризиків, визначення ймовірностей виникнення базових ризиків та рівнів їх впливу на загальний ризик в системі.

Формування системи нечіткого висновку для кожного із сформованих базових ризиків складається з таких етапів: фазифікація вхідних змінних (сформованих базових ризиків), формування бази нечітких правил відповідно до умов функціонування системи управління якістю продукції оборонного призначення, агрегування передумов, активація правил, акумуляція висновків, дефазифікація вихідних змінних.

При груповій експертизі методика залишається актуальною, вимагаючи залучення додаткової кваліфікованої експертної групи. Впровадження наведеної методики оцінки ризиків має забезпечити коригування певних процесів з управління якістю продукції оборонного призначення та формування управляючих впливів на основі результатів аналізу відхилень реальних умов виконання програмних заходів і робіт від прогнозних оцінок, що були отримані на початковому етапі.

Ключові слова: система управління якістю продукції оборонного призначення, ризикоутворюючі фактори, ризики, теорія нечітких множин, експертне оцінювання.

ВСТУП

В системі управління якістю продукцією оборонного призначення (СУЯ ПОП) питання ризик-менеджменту має свою специфіку, що пов'язано з тривалими термінами створення нових зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) та їх складністю, великими обсягами фінансових ресурсів, високим рівнем невизначеності отримання необхідного результату, участю у виконанні дослідно-конструкторських робіт (ДКР) та серійному виробництві

(ремонті) ОВТ великої кількості підприємств та організацій у якості співвиконавців та постачальників [1].

Відповідно СУЯ ПОП повинна включати до себе підсистему управління ризиками, основними елементами якої є такі:

- процеси управління ризиками (виявлення, аналіз, оцінка, контроль ризиків та методів їх управління, звітність);
- організаційна структура СУЯ ПОП, яка забезпечує відсутність конфлікту інтересів та незалежність підрозділів, що здійснюють аналіз, оцінку та контроль ризиків від підрозділів, які здійснюють операції, схильні до ризиків;
- методологія управління ризиками, яка передбачає використання єдиної системи методологічного забезпечення та валідації для забезпечення точності оцінок та надійності процесів управління;
- ризик-культура (розуміння на всіх рівнях, що управління ризиками є загальним завданням та відповідальністю);
- ресурси (забезпечення необхідними кадровими, матеріальними інформаційними ресурсами для ефективного функціонування СУЯ ПОП).

З огляду на зазначене, ефективне функціонування СУЯ ПОП вимагає використання відповідного науково-методичного забезпечення, яке дозволить максимально враховувати вплив широкого спектру різномірних факторів ризику, як на етапі планування заходів, так і на етапі реалізації завдань з гарантування (контролю) якості.

При реалізації завдань з управління якістю ПОП в умовах прояву факторів невизначеності постійно необхідно здійснювати виявлення, аналіз та оцінювання рівня можливих ризиків.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В публікаціях, що пов'язані з проблемою оцінки ризиків при створенні ОВТ, активно досліджуються важливі аспекти ризик-менеджменту та його вплив на забезпечення якості оборонної продукції. В дослідженнях останніх десятиліть особлива увага приділяється розробці методологій, інструментів та підходів для визначення та управління ризиками у складних та динамічних умовах виробництва оборонної продукції [1–5].

Одним із актуальних напрямків є розробка інтегрованих методів оцінки ризиків, які враховують не лише технічні та технологічні аспекти, але й соціальні, економічні та геополітичні фактори. Дослідники пропонують комплексні підходи, що включають в себе методи математичного моделювання, експертних оцінок, аналізу великих обсягів даних та інших інноваційних підходів.

Разом з тим, публікації про результати досліджень методів оцінки ризиків в процесі управління якістю ПОП на даний час відсутні. Завдання дослідження полягає у розробці методики оцінки ризиків на основі нечіткої логіки в системі управління якістю продукції оборонного призначення, яка забезпечить ефективне управління ризиками на різних етапах життєвого циклу ПОП.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для оцінювання рівня прогнозуємих ризиків можуть бути використані два підходи – ймовірнісний підхід і підхід, що базується на теорії нечітких множин [2].

Враховуючі відсутність достатньої кількості статистичних даних, необхідних для отримання достовірних оцінок при розробці науково-методичного апарату оцінки ризиків в СУЯ ПОП, буде використовуватися саме другий підхід, який передбачає представлення ризиків у якості вхідних лінгвістичних змінних із використанням даних експертного оцінювання.

Методика оцінки ризиків в СУЯ ПОП передбачає наступну послідовність дій.

Етап 1 – формування переліку ризикоутворюючих факторів в СУЯ ПОП.

Під поняттям ризикоутворюючих факторів в СУЯ ПОП буде розумітися сукупність процесів або явищ, що визначають зміст та характерні риси ризику та можуть призвести до настання розвитку негативних подій в СУЯ ПОП. Виявлення ризикоутворюючих факторів передбачає встановлення джерел ризиків і природи їх походження з урахуванням специфіки функціонування СУЯ ПОП.

Аналіз робіт [2–5] дозволив здійснити класифікацію ризикоутворюючих факторів: за сферою виникнення, за можливістю впливу СУЯ ПОП на ризики, за видом можливих наслідків, за видом впливу, за фактором часу, за об'єктом виникнення.

При формуванні ризикоутворюючих факторів слід враховувати наявність як внутрішніх, які є регульованими (можливий вплив з боку СУЯ ПОП), так і зовнішніх факторів. До зовнішніх факторів слід відносити ті, що обумовлені причинами, які не пов'язані безпосередньо з функціонуванням СУЯ ПОП.

Таким чином, результатом виконання етапу 1 методики має бути сформований перелік ризикоутворюючих факторів в СУЯ ПОП:

$$r_1, r_2, \dots, r_d, \dots, r_D, d = [1..D], \quad (1)$$

де r_d – d -й ризикоутворюючий фактор, D – загальна кількість визначених в СУЯ ПОП факторів.

Зазначений перелік формується експертним шляхом.

Етап 2 – формування множини ризиків.

Сформований перелік ризикоутворюючих факторів підлягає структуризації шляхом їх групування відповідно до напрямів впливу на процеси СУЯ ПОП з метою формування відповідних ризиків.

В результаті отримуємо послідовність:

$$Rf, Rf_2, \dots, Rf_z, \dots, Rf_Z, z = [1..Z], \quad (2)$$

де Rf_z – z -та базова група ризикоутворюючих факторів, Z – загальна кількість сформованих в СУЯ ПОП груп-факторів (ризиків).

Перелік внутрішньогрупових факторів буде мати вигляд:

$$\begin{aligned} & r_{1,1}, r_{1,2}, \dots, r_{1,rf1}, \dots, r_{1,RF1}, rf1 = 1..RF1, \\ & r_{2,1}, r_{2,2}, \dots, r_{2,rf2}, \dots, r_{2,RF2}, rf2 = 1..RF2, \\ & \dots \\ & r_{z,1}, r_{z,2}, \dots, r_{z,rfz}, \dots, r_{z,RFz}, rfz = 1..RFz, \\ & \dots \\ & r_{Z,1}, r_{Z,2}, \dots, r_{Z,rfZ}, \dots, r_{Z,RFZ}, rfZ = 1..RFZ, \end{aligned} \quad (3)$$

де $r_{1,rf1}$ – $rf1$ -й ризикоутворюючий фактор в групі Rf_1 , $RF1$ – загальна кількість факторів у групі Rf_1 ;

$r_{2,rf2}$ – $rf2$ -й ризикоутворюючий фактор в групі Rf_2 , $RF2$ – загальна кількість факторів у групі Rf_2 ;

$r_{z,rfz}$ – rfz -й ризикоутворюючий фактор в групі Rf_z , RFz – загальна кількість факторів у групі Rf_z ;

$r_{Z,rfZ}$ – rfZ -й ризикоутворюючий фактор в групі Rf_Z , RFZ – загальна кількість факторів у групі Rf_Z .

Сукупності факторів в межах кожної групи і визначають певні ризики.

В результаті проведеного групування отримується множина ризиків в СУЯ ПОП $\{Rf_1, Rf_2, \dots, Rf_z, \dots, Rf_Z\}$.

Етап 3 – здійснення групування ризиків.

З огляду на складність СУЯ ПОП (значної кількості ризиків, що можуть виникнути у системі) з метою спрощення подальшого оцінювання ризиків здійснюється їх групування за наслідками впливу дестабілізуючих факторів.

В результаті отримуємо множину базових (групових) ризиків СУЯ ПОП $\{Rg_1, Rg_2, \dots, Rg_l, \dots, Rg_L\}$.

Етап 4 – визначення ймовірностей виникнення базових ризиків.

Для визначення рівня базових ризиків використовується апарат теорії нечітких множин із застосуванням механізму нечіткого логічного висновку (одержання висновку у вигляді нечіткої множини, що відповідає поточним значенням вхідних змінних, з використанням нечіткої бази знань і нечітких операцій) [6–10].

Для оцінки базових ризиків застосовується алгоритм нечіткого висновку Мамдані, у якому значення вхідних змінних задаються нечіткими термами.

У загальному вигляді формування системи нечіткого висновку для кожного зі сформованих базових ризиків Rg_l складається з таких етапів:

- фазифікація вхідних змінних (ідентифікованих ризиків);
- формування бази нечітких правил;
- агрегування передумов;
- активація правил;
- акумуляція висновків;
- дефазифікація вихідних змінних.

Етап 4.1 – фазифікація ризиків.

Фазифікація вхідних змінних (ризиків) проводиться на основі функцій належності.

Під фазифікацією розуміється процедура знаходження значень функцій належності нечітких множин на основі чисельних вхідних даних. Метою етапу фазифікації є встановлення відповідності між конкретним чисельним значенням кожного ідентифікованого ризику і значенням функції приналежності відповідного йому терма вхідної лінгвістичної змінної.

Для кожної лінгвістичної змінної Rf_z визначається терм-множина з огляду на необхідність виконання таких умов [11]:

- кількість термів не має бути занадто великою, щоб експерт по кожній нечіткій множині міг поставити лінгвістичну оцінку;
- нечіткі множини різних термів не повинні бути еквівалентні або майже еквівалентні;
- не повинна порушуватися лінійна впорядкованість нечітких множин.

Терми для кожного ризику Rf_z задаються якісними або інтервальними значеннями, а їх кількість не повинна перевищувати 9 [12].

Методика передбачає прямий метод побудови функцій приналежності, тобто для кожного значення $Rf_z \in \{Rg_1\}$ задається функція $\mu(Rf_z)$.

З урахуванням специфіки завдання оцінки ризиків доцільно використовувати ті функції приналежності, які допускають аналітичне представлення у вигляді деякої простої математичної функції.

До таких функцій належності відносяться [13, 14]:

- кусочно-лінійні функції приналежності, які складаються з відрізків прямих ліній (найбільш характерним прикладом таких функцій є «трикутна» і «трапецієвидна» функції приналежності);
- Z-образні і S-образні функції приналежності, які дозволяють у випадку слабкого ступеню прояву ризикуотворюючого фактору здійснити представлення відповідних нечітких множин за допомогою монотонно спадаючих (зростаючих) функцій;
- П-образні функції приналежності, до яких відносяться цілий клас кривих, які по своїй формі нагадують дзвін, згладжену трапецію або букву «П».

В подальшому, у процесі моделювання, буде застосовуватися трикутна форма функції приналежності, оскільки вона являє собою просту шматково-лінійну апроксимацію гладких функцій, може бути використана при будь-якій кількості термів і зручна в обчисленні. Результатом фазифікації є множина значень $f_z = \mu(Rf_z)$.

Етап 4.3 – формування бази продукційних правил.

У відповідності до визначених вхідних (ризиків) і вихідних (рівень базового ризику) лінгвістичних змінних створюється база продукційних правил, які виражають відношення між вхідними та вихідними термами. Кожне правило складається з однієї або декількох умов і висновку. У разі наявності декількох умов їх зв'язування здійснюється логічним «І» чи «АБО».

Система правил у загальному випадку, у якій умови і висновки сформульовані в термінах нечітких лінгвістичних висловлювань, має такий вигляд:

- $Rule_1$: якщо i /або i /або ... i /або, то i /або ... i /або (F_1),
 $Rule_2$: якщо i /або i /або ... i /або, то i /або ... i /або (F_2),
 ...
 $Rule_p$: якщо i /або i /або ... i /або, то i /або ... i /або (F_p),
 ...
 $Rule_p$: якщо i /або i /або ... i /або, то i /або ... i /або (F_p),

де p – порядковий номер правила, P – кількість правил у системі, F_p ($p \in \{1, 2, \dots, P\}$) – вагові коефіцієнти відповідних правил, які можуть набувати значень з інтервалу $[0 \dots 1]$.

Етап 4.4 – агрегування підумов.

На даному етапі здійснюється процедура визначення ступеня істинності умов по кожному з правил системи нечіткого виведення $f_z = \mu(Rf_z)$. При цьому використовуються отримані на етапі фазифікації значення функцій приналежностей термів лінгвістичних змінних, що складають умови продукційних правил. Фактично, на цьому етапі для кожної умови знаходиться мінімальне значення істинності усіх її підумов $Agr_p = \min\{f_z\}$.

Якщо умова нечіткого продукційного правила є простим нечітким висловлюванням, то ступінь його істинності відповідає значенню функції належності, що відповідає терміну лінгвістичної змінної [13].

Якщо умова являє собою складне висловлювання, то ступінь істинності такого висловлювання визначається на основі відомих значень істинності складових його елементарних висловлювань за допомогою введених раніше нечітких логічних операцій.

Етап агрегування вважається закінченим, коли будуть знайдені всі значення f_z для кожного з правил, що входять до бази правил системи нечіткого виведення.

Етап 4.5 – активація підзаключень.

Активізація являє собою процедуру знаходження ступеня істинності кожного з підзаключень правил нечітких продукцій.

Для формування бази правил системи нечіткого виведення задаються вагові коефіцієнти F_p для кожного правила (за замовчуванням передбачається, якщо ваговий коефіцієнт не заданий явно, то його значення дорівнює 1).

Після цього розглядається кожний із висновків правил системи нечіткого висновку.

Якщо висновок правила є нечітким висловлюванням виду 1 або 2, то ступінь його істинності дорівнює алгебраїчному множенню відповідного значення f_z на ваговий коефіцієнт F_p . Якщо ж висновок складається з кількох підзаключень, причому лінгвістичні змінні в підзаклученнях попарно не дорівнюють один одному, то ступінь істинності кожного з підзаклучень дорівнює алгебраїчному множенню відповідного значення f_z на ваговий коефіцієнт F_p .

Таким чином, знаходяться всі значення c_p ступенів істинності підзаклучень для кожного з правил $Rule_p$, що входять в сформовану базу правил $Rule$ системи нечіткого висновку.

Після знаходження множини $\{c_{1,1}, c_{1,2}, \dots, c_{1,q}\}$ (q – загальна кількість підзаклучень в базі правил), визначаються функції приналежності кожного з підзаклучень для вихідних лінгвістичних змінних, що розглядаються.

З цією метою використовується метод min-активізації:

$$\mu'(Ryzyk_l) = \min\{c_x, \mu(Ryzyk_l)\}, \quad (5)$$

де $\mu(Ryzyk_l)$ та c_x – функція приналежності терму, який є значенням деякої вихідної змінної $Ryzyk_l$.

Етап активізації вважається завершеним, коли для кожної з вихідних лінгвістичних змінних, що входять до окремих правил підзаклучень нечітких продукцій, будуть визначені функції приналежності нечітких множин їх значень, тобто сукупність нечітких множин: $\{c_{1,1}, c_{1,2}, \dots, c_{1,q}\}$.

Етап 4.6 – акумуляція висновків.

Акумуляція здійснюється з метою об'єднання всіх ступенів істинності висновків (підзаклучень) для отримання функції приналежності вихідної змінної $Ryzyk_l$. Для цього послідовно розглядається вихідна лінгвістична змінна $Ryzyk_l$ і нечітка множина C_l , що відносяться до неї.

Результат акумуляції для вихідної лінгвістичної змінної $Ryzyk_l$ визначається як поєднання нечітких множин $\{c_{1,1}, c_{1,2}, \dots, c_{1,q}\}$.

Об'єднання функцій приналежності усіх підзаклучень може здійснюватися класично або за допомогою алгебраїчного, граничного та драстичного об'єднань.

Етап акумуляції вважається закінченим, коли для вихідної лінгвістичної змінної $Ryzyk_l$ буде визначено підсумкові функції приналежності нечітких множин їх значень.

Етап 4.7 – дефазифікація.

Процедура дефазифікації полягає у знаходженні звичайного (ненечіткого) значення для вихідної лінгвістичної змінної $Ryzyk_l$. В результаті отримуємо значення $Ryzyk_{ch_l}$.

Перехід від отриманої в результаті акумуляції функції приналежності вихідної лінгвістичної змінної $\mu(Rf_z)$ до числового значення, а саме до ймовірності виникнення l -го базового ризику $Ryzyk_{ch_l}$ здійснюється за допомогою методу центру тяжіння:

$$Ryzyk_{ch_l} = \frac{\int_{min}^{max} Ryzyk_l \cdot \mu(Ryzyk_l) d Ryzyk_l}{\int_{min}^{max} \mu(Ryzyk_l) d Ryzyk_l}, \quad (6)$$

де min і max – ліва і права точки інтервалу носія нечіткої множини вихідної змінної $Ryzyk_l$, що розглядається.

При дефазифікації методом центру тяжіння звичайне (не нечітке) значення вихідної змінної дорівнює абсцисі центру тяжіння площі, обмеженою графіком кривої функції належності відповідної вихідної змінної.

Етап 5 – повторення процедур Етапу 4 для кожного із базових ризиків.

В результаті виконання етапу 5 отримуємо множину $\{Ryzyk_{ch_1}, Ryzyk_{ch_2}, \dots, Ryzyk_{ch_L}\}$.

Етап 6 – визначення рівнів впливів базових ризиків на загальний (агрегований) ризик, що може виникнути у системі.

На даному етапі, експертним шляхом визначаються значення рівнів впливу $Rvpl_{Rg_l}$ на загальний (агрегований) ризик R_Σ , що може виникнути у системі.

При цьому, сума зазначених коефіцієнтів в межах системи дорівнює одиниці:

$$Rvpl_{Rg_1} + Rvpl_{Rg_2} + \dots + Rvpl_{Rg_l} + Rvpl_{Rg_L} = 1. \quad (7)$$

Етап 7 – визначення числового значення агрегованого ризику системи.

Значення загального ризику в системі визначається через лінійну згортку за формулою:

$$R_\Sigma = \sum_{l=1}^L [Rvpl_{Rg_l} \cdot Ryzyk_{ch_l}]. \quad (8)$$

Схематично алгоритм оцінки ризиків в СУЯ ПОП представлено на рис. 1.

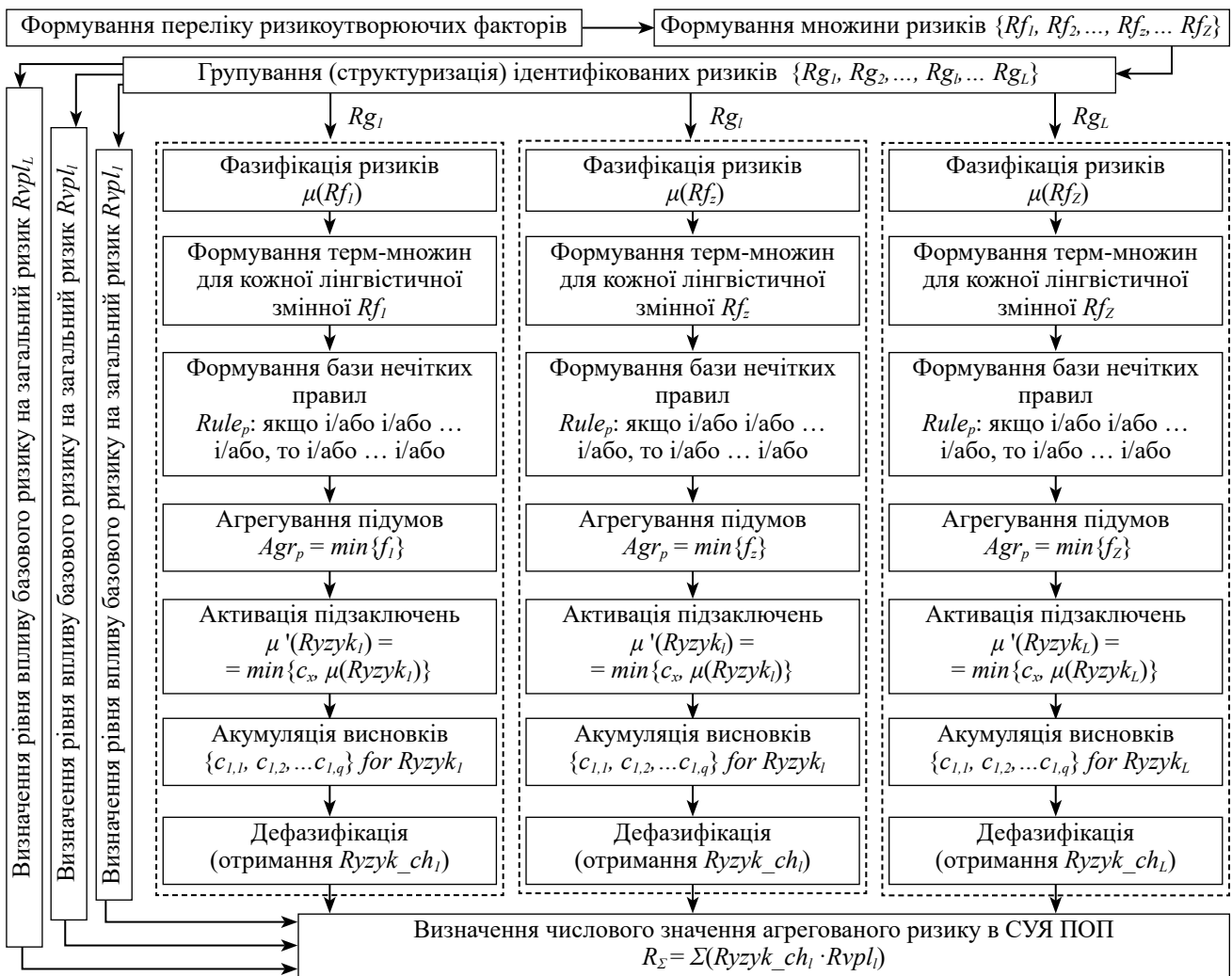


Рис. 1. Алгоритм оцінки ризиків в СУЯ ПОП

Ця методика може застосовуватися при залученні до оцінювання ризиків лише одного експерта.

У разі прийняття рішення щодо проведення групової експертизи, концепція методики не змінюється. Разом з тим, додатково необхідно сформулювати відповідну експертну групу з кваліфікованих фахівців і застосувати математичні методи та алгоритми, за допомогою яких формуються альтернативні варіанти. До них слід віднести методи математичного програмування (динамічного або лінійного), графові моделі, таксономії, теорії ігор, нечітких множин, аналізу ієрархій (МАІ) [15–18].

ВИСНОВКИ

Використання нечіткої логіки в системі управління якістю продукції оборонного призначення є ефективним інструментом оцінки ризиків, оскільки вона дозволяє гнучко та реалістично моделювати невизначеність та неоднозначність, які часто супроводжують ризиковані ситуації. З огляду на динамічність змін, в зазначеній системі запропонована методика може бути легко адаптована до різноманітних ризикових сценаріїв та змінних умов, а також інтегрована з експертними знаннями.

Впровадження наведеної методики оцінки ризиків в СУЯ ПОП має забезпечити коригування певних процесів з управління якістю ПОП та формування управляючих впливів на основі результатів аналізу відхилень реальних умов виконання програмних заходів і робіт від прогнозних оцінок, що були отримані на початковому етапі.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Курбет Є.О., Головін О.О. Аналіз проблемних питань забезпечення контролю якості продукції оборонного призначення в системі воєнної безпеки держави. Зб. наук. пр. Київ: ЦНДІ ОБТ ЗСУ. 2023. Вип. 2(89). С. 65–82.
2. Методологічні й системотехнічні аспекти інформаційного забезпечення управління системами військового призначення та діяльністю в оборонній сфері: монографія. Т. 1. / Демідов Б.О., Величко О.Ф., Гриб Д.А., Луханін М.І., Коростельов О.П.; за ред. Б.О. Демидова, О.П. Коростельова. Київ: Стилос. 2018. 624 с.
3. Вітлінський В.В., Великоіваненко Г.І. Ризикологія в економіці та підприємстві: монографія. Київ: КНЕУ. 2004. 480 с.
4. Тэпман Л.Н. Риски в экономике: Учеб. пособ. для вузов; под ред. В.А. Швандара. М.: ЮНИТИ-ДАНА. 2002. 380 с.
5. Чепков І.Б., Зубарев В.В., Борохвостов В.К. Теорія озброєння. Науково-технічні проблеми та завдання. Т. 6. Воєнно-економічний аналіз життєвого циклу озброєння та військової техніки: теоретико-економічні засади: монографія. Київ: ВД Дмитра Бурого. 2018. 475 с.
6. Клебанова Т.С., Чаговец Л.О., Панасенко О.В. Нечітка логіка та нейронні мережі в управлінні підприємством: Монографія. Харків: ВД «НЖЕК». 2011. 240 с.
7. Bih, J. (2006). Paradigm Shift—An Introduction to Fuzzy Logic. IEEE Potentials. № 25. Pp. 6–21.
8. Бахусова Е.В. Элементы теории нечетких множеств : учеб.-метод. пособ. Тольятти: ТГУ. 2013. 116 с.
9. Демидова Г.Л., Лукичев Д.В. Регуляторы на основе нечеткой логики в системах управления техническими объектами. СПб.: Ун-т ИТМО. 2017. 81 с.
10. Дранишников Л.В., Сугаль Є.О. Оцінка зовнішнього ризику за допомогою нечіткої логіки. 2017. Математичне моделювання. № 2. С. 63–66. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mm_2017_2_18.
11. Панченко В.А. Нечіткі бази прийняття рішень в системі кадрової безпеки підприємства. Наук. вісн. Ужгородського нац. ун-ту. 2018. № 19. Ч. 2. С. 133–136.
12. Бывшев В.А., Бабешко Л.О. Алгоритм прогнозирования финансовых индексов в рамках стационарной модели Колмогорова-Винера. М.: Статистика. 2002. 406 с.
13. Рыбанов А.А., Фадеева М.В. Методы анализа нечеткой информации: курс лекций: учебное пособие. Волжский: ВПИ (филиал) ВолгГТУ. 2019. 69 с.
14. Зірка М.В., Головін О.О., Кадет Н.П., Фреган Н.М. Методика нечіткого оцінювання для систем підтримки прийняття рішення. Озброєння та військова техніка. Київ: ЦНДІ ОБТ ЗС України. 2019. № 3(23). С. 99–109.
15. Загорка О.М., Павліковський А.К., Загорка І.О. Багато-критеріальні методи прийняття рішень органами військового управління. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2018. № 2. С. 5–12. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sitsbo_2018_2_2.
16. Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York. 287 p.
17. Saaty, T.L. (1996). Decision Making with Dependence and Feedback: The analytic Network Process. Pittsburgh. RWS Publications. 370 p.
18. Hwang, C.L. & Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: methods and applications: a state-of-the-art survey. Berlin; New York: Springer-Verlag. 259 p.

REFERENCES

1. Kurbet, Y.O. & Holovin, O.O. (2023) “Analiz problemnykh pytann zabezpechennia kontroliu yakosti produktsii oboronnoho pryznachennia v systemi voiennoi bezpeky derzhavy” [Analysis of problematic issues in ensuring the quality control of defense-oriented production in the state military security system], Coll. of scientific works. CSRI AME AFU. № 2(89). Pp. 65–82.
2. Demidov, B.O., Velychko, O.F., Hryb, D.A., Lukhanin, M.I. & Korostelov, O.P. (Eds.) (2018) “Metodolohichni i systemotekhnichni aspekty informatsiinoho zabezpechennia upravlinnia systemamy viiskovoho pryznachennia ta diialnistiu v oboronni sferi” [Methodological and systems-technical aspects of information support for the management of military-purpose systems and activities in the defense sector], Vol. 1. Stylos. K. 624 p.
3. Vitlinsky, V.V. & Velikoyvanenko, H.I. (2004) “Ryzykologhiia v ekonomitsi ta pidpriemnytstvi: monohrafiia” [Riskology in economics and entrepreneurship: monograph], KNEU. K. 480 p.
4. Tepman, L.N. (2002) “Risky v ekonomike” [Risks in the economy]: textbook for univ. M.: UNITI-DANA. 380 p.
5. Chepkov, I.B., Zubarev, V.V. & Borokhvostov, V.K. (2018). “Teoriia ozbroennia. Naukovo-tekhnichni problemy ta zadannia. T.6. Voienno-ekonomichnyi analiz zhyttievoho tsykladu ozbroennia ta viyskovoi tekhniki: teoretyko-ekonomichni zasady: monohrafiia” [The theory of armament: scientific-technical problems and tasks. Vol. 6.

- Theoretical and economic foundations of the life cycle of armament and military equipment: monograph], VD Dmytra Burago, K. 475 p.
6. Klebanova, T.S., Chahovets, L.O. & Panasenko, O.V. (2011) "Nechitka lohika ta neironni merezhi v upravlinni pidpriemstvom: monohrafiia" [Fuzzy logic and neural networks in enterprise management: monograph], VD «INZHEK», Kharkiv. 240 p.
 7. Bih, J. (2006). Paradigm Shift—An Introduction to Fuzzy Logic. IEEE Potentials. № 25. Pp. 6–21.
 8. Bakhusova, E.V. (2013) "Elementy teorii nechetkikh mnozhestv : ucheb." [Elements of the theory of fuzzy sets: teaching and methodological guide], TGU Publishing, Toiliatti. 116 p.
 9. Demidova, G.L. & Lukichev, D.V. (2017) "Regulatory na osnove nechetkoi logiki v sistemakh upravleniia tekhnicheskimi ob'ektami" [Regulators based on fuzzy logic in control systems of technical objects], ITMO Univ. SPb. 81 p.
 10. Dranishnikov, L.V. & Suhal, Y.O. (2017) "Otsinka zovnishnoho ryzyku za dopomohoiu nechetkoi lohiky" [Estimation of external risk using fuzzy logic], Mathematical Modeling. № 2. Pp. 63–66. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mm_2017_2_18.
 11. Panchenko, V.A. (2018) "Nechitki bazy pryiniattia rishen v systemi kadrovoi bezpeky pidpriemstva" [Fuzzy bases of decision making in the enterprise personnel security system], Scientific Bull. of Uzhhorod Nat. Univ. № 19(2). Pp. 133—136.
 12. Byvshev, V.A. & Babeshko, L.O. (2002) "Algoritm prognozuvannia finansovykh indeksiv v ramkakh statsionarnoi modeli Kolmogorova-Vinera" [Algorithm for forecasting financial indices within the framework of the stationary Kolmogorov-Wiener model], Statistika, M. 406 p.
 13. Rybanov, A.A. & Fadeeva, M.V. (2019) "Metody analiza nechetkoi informatsii: kurs lektsii: uchebnoe posobie" [Methods of analysis of fuzzy information: lecture course: textbook], VolgGTU branch of VPI. Volzhsky. 69 c.
 14. Zirka, M.V., Holovin, O.O., Kadet, N.P. & Fregan, N.M. (2019) "Metodyka nechitkoho otsiniuvannia dlia system pidtrymky pryiniattia rishennia" [Method of fuzzy assessment for decision support systems], Armament and Military Equipment. № 3(23). Pp. 99–109.
 15. Zahorka, O.M., Pavlikovsky, A.K. & Zahorka, I.O. (2018) "Bahatokryterialni metody pryiniattia rishen orhanamy viyskovoho upravlinnia." [Multicriteria decision-making methods by military management bodies]. Modern Information Technologies in the Field of Security and Defense. № 2. Pp. 5–12. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sitsbo_2018_2_2.
 16. Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York. 287 p.
 17. Saaty, T.L. (1996). Decision Making with Dependence and Feedback: The analytic Network Process. Pittsburgh. RWS Publications. 370 p.
 18. Hwang, C.L. & Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: methods and applications: a state-of-the-art survey. Berlin; New York: Springer-Verlag. 259 p.

Kurbet Ye.O.

RISK ASSESSMENT METHODOLOGY IN DEFENSE PRODUCT QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

The article considers the features of risk assessment in the defense product quality management system and identifies the key elements of the risk management subsystem. The research suggests to use the theory of fuzzy sets tools and expert evaluations for risk assessment. The formed list of risk-creating factors in the quality management system of defense products is used as input data, and subsequently a set of risks, which are represented by input linguistic variables using expert evaluation data. The methodology involves the structuring of risks, the determination of the probabilities of the occurrence of basic risks and the levels of their impact on the overall risk in the system.

The formation of a fuzzy conclusion system for each of the formed basic risks consists of the following stages: fuzzification of input variables (formed basic risks), formation of a base of fuzzy rules in accordance with the operating conditions of the defense product quality management system, aggregation of prerequisites, activation of rules, accumulation of conclusions, defuzzification of initial variables.

In group evaluation, the method remains relevant, requiring the involvement of an additional qualified expert group. The implementation of the given risk assessment methodology should ensure the adjustment of certain processes for managing the quality of defense products and the formation of management influences based on the results of the analysis of the deviations of the real conditions for the implementation of program activities and works from the forecast estimates obtained at the initial stage.

Keywords: quality management system for defense products, risk-creating factors, risks, theory of fuzzy sets, expert evaluation.

Відомості про автора:

Курбет Євгеній Олександрович

Тимчасово виконуючий обов'язки директора Департаменту державного гарантування якості Міністерства оборони України
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0009-0006-0251-3880>

Information about the author:

Kurbet Yevhenii

Acting Director of the Government Quality Assurance Directorate, Ministry of Defense of Ukraine
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0006-0251-3880>

Стаття надійшла до редколегії 04.10.2023