

УДК 515.1(2):681.5

**Віктор ЯСЬКО,**  
кандидат військових наук, доцент,  
Національний університет імені Івана Огієнка,  
м. Кам'янець-Подільський

**Олексій ОСАДЧИЙ,**  
Національний університет імені Івана Огієнка,  
м. Кам'янець-Подільський

**Олександр ЯСЬКО,**  
Управління державної охорони України,  
м. Київ

## **МОДЕЛЬ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧІ РОЗТАШУВАННЯ СИЛ І ЗАСОБІВ ЩОДО АНАЛІЗУ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПІД ЧАС ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАЗОВОГО РІВНЯ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ОХОРОНИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИХІДНИХ ДАНИХ І НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ**

*У статті розглянуто порядок побудови математичної моделі задачі розташування джерел сил і засобів щодо аналізу та управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об'єктів охорони, а також розглянуто варіант розв'язання такої задачі.*

**Ключові слова:** невизначеність, ризик, управлінське рішення, аналіз ризику, оцінка ризику, управління ризиком, модель управління ризиком.

© Ясько В., Осадчий О., Ясько О.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Велика кількість перемінних, нелінійність характеристик дій, наявність різноманітних вимог, можливість виникнення нештатних ситуацій, а також невизначеність вихідних даних дозволяє віднести задачі розташування джерел сил і засобів щодо аналізу й управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об'єктів охорони до складного класу задач. Математична постановка такої задачі, а тим більш її розв'язання в загальному виді, досить складна. Досліди авторів [1–5] показують, якщо до неї застосувати системний підхід, вищезазначені фактори можливо вирішити.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опираються автори.** Системне розв'язання таких задач знаходиться ще на стадії планування та не знайшло вирішення у теоретичних і практичних дослідженнях [1–5]. Складність розв'язання такої задачі особливо зростає, якщо розглядати системне планування вибору методів і засобів аналізу й управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об'єктів охорони, в умовах нештатних ситуацій. Реальне розв'язання такої задачі можливе лише за допомогою розроблених моделей і методів системного планування, що базуються на використанні нечіткої слабоформалізованої апріорної інформації про перемінні, параметри та інгредієнти системи виконання завдань забезпечення базового рівня безпеки об'єктів охорони, що планується виконувати.

При виборі місцезнаходження сил і засобів для вибору методів і засобів аналізу та управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об'єктів охорони необхідно враховувати обсяг засобів на їх "побудову", експлуатаційні витрати, відстані до об'єктів охорони, фізико-географічні умови, наявність штучних перешкод, надійність функціонування та інші фактори. У зв'язку з імовірним характером впливу різноманітних факторів вихідні дані можуть зазнавати змін. Тому доцільно розглядати не окремі значення характеристик, а інтервали, значення в середині яких можуть мати різний ступінь достовірності (ефективності). Такий підхід дозволяє використовувати для вибору методів та засобів аналізу й управління ризиками під час за-

безпечення базового рівня безпеки об'єктів охорони апарат нечітких множин [1].

**Мета статті** – показати порядок побудови математичної моделі задачі розташування джерел сил і засобів для вибору методів і засобів аналізу та управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об'єктів охорони, а також розглянути варіант розв'язання такої задачі.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Оскільки значення в інтервалах мають різний ступінь достовірності, то це можна відобразити за допомогою функції належності

$$\mu_A : x \rightarrow [0; 1], \quad (1)$$

що характеризує ступінь належності елемента  $x$  до нечіткої підмножини  $A$  (підмножина інтервалів). Функція належності будується для кожного випадку індивідуально. Методи побудови функцій належності з використанням експертних оцінок розглянуті у роботі [4]. Частіше всього для вказаних вище характеристик функція належності монотонно зростає до максимуму, а потім монотонно убуває.

Якщо нас задовольняє лінійна залежність, то функція належності набуде вигляду:

$$\mu_G(x) = \begin{cases} \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, & x \in [x_{\min}; x_{\max}] \\ 0, & \text{у протилежному випадку} \end{cases}, \quad (2)$$

де  $x$  – вибраний показник ефективності забезпечення базового рівня безпеки об'єктів охорони;  $[x_{\min}; x_{\max}]$  – допустимий діапазон змін  $x$ ;  $G$  – нечітка підмножина мети – критерій.

Функція належності мети монотонно убуває на всій осі визначення. Характер функції належності обмежень аналогічний характеру функцій належності інтервалів. Нечітка підмножина обмежень позначається через  $C$ .

Функції належності мають різні області визначення. Для того, щоб їх можна було порівняти, параметр  $x$  повинен бути віднормований. Наприклад:

$$1 - \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (3)$$

Віднімання від одиниці дозволить використати апарат ранжирування нечітких чисел.

Задача є багатокритеріальною з нечітким описанням вихідних даних. Застосуємо до неї схему Белмана і Заде [5].

$$J = G_1 \cap G_2 \cap \dots \cap G_{K^2} \cap C_1 \cap C_2 \cap \dots \cap C_M,$$

де  $G_i$  – нечітка підмножина цілі (критерію)  $i$  ( $i = \overline{1, K^2}$ );  $C_j$  – нечітка підмножина обмежень (ефективності)  $j$  ( $j = \overline{1, M}$ ).

Розглянемо задачу з точки зору динамічного програмування. Моменти введення у “стрії” нових об’єктів для вибору методів і засобів аналізу й управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об’єктів охорони визначають періоди ( $t = \overline{1, T}$ ) розвитку завдань забезпечення базового рівня безпеки об’єктів охорони. Оскільки завдання щодо забезпечення зв’язку в районі забезпечення безпеки об’єктів охорони “обслуговується” двома-трьома пунктами виконання завдань забезпечення базового рівня безпеки об’єктів охорони, то кількість альтернатив буде не більше ( $m$ ).

Кожному періоду ставиться у відповідність весь набір альтернатив (рис. 1).

Вершиною графа є альтернатива, що відповідає тому чи іншому періоду і позначається  $i_t$  де  $i = \overline{1, m}$ ,  $t = \overline{1, T}$ . Додатково вводяться ще дві вершини – “істок”  $S$ , що з’єднана з усіма вершинами періоду 1, і “сток”  $P$ , що з’єднаний з усіма вершинами періоду  $T$ . Кожній дузі приписується  $\mu_{i_1 i_2}$ , що характеризує рівень забезпечення “споживачів” силами і засобами для вибору методів і засобів аналізу й управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об’єктів охорони. Виключення складають дуги, що ведуть від вершини періоду  $T$  до “стоку”. Функція  $\mu_{i T P}$ , що приписується до них, характеризує рівень досягнення мети – критерій ефективності.

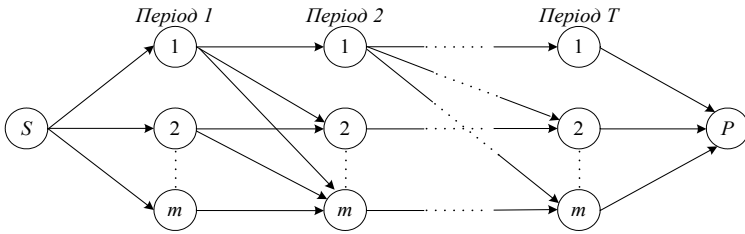


Рис. 1. Граф задачі розташування джерел сил і засобів

Оскільки задача багатокритеріальна, то доцільно ввести вагові коефіцієнти  $\beta$  для критеріїв  $G_K$  ( $K = 1, \kappa^2$ ). Тоді

$$G = \sum_{K=1}^{\kappa^2} \beta_K G_K, \text{ де } \sum_{K=1}^{\kappa^2} \beta_K = 1$$

Значення  $\mu_{i_1 j_2}$  та  $\mu_{i_T P}$  отримуємо таким чином:

$$\mu_{i_1 j_2}(E) = \min \left\{ \mu_{A j_2}(x), \mu_{C_2}(x) \right\}, \tag{3}$$

$$\mu_{i_T P}(x) = \sum_{K=1}^{\kappa^2} \beta_K \min \left\{ \mu_{G_K}(E), \mu_{A_K V} \right\},$$

де  $A_{j_2}$  – нечітка підмножина системи постачання сил і засобів для вибору методів і засобів аналізу й управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об'єктів охорони на етапі  $t_2$ , за альтернативи  $j$ ;  $C_{t_2}$  – нечітка підмножина обмежень, що відповідають етапу  $t_2$ ;  $A_{KIT}$  – нечітка підмножина інтервалу, що відповідає критерію  $G_K$ , за альтернативи  $i$ .

Функції  $\mu_{i_1 j_2}$  та  $\mu_{i_T P}$  можна розглядати як нечіткі числа [6]. Для поставленої задачі інтерес являє така залежність:

$$H(B, P) = H_+(B) - H_+(P), \tag{4}$$

де  $H_+(B) = \int_0^1 M(B_\alpha) d\alpha$ ,  $B_\alpha$  –  $\alpha$  – рівнева множина числа  $B$ ,

$$M(B_\alpha) = \frac{(B^0 + B^+)}{2}, \quad B^0 = \inf B, \quad B^+ = \sup B, \quad H(B, P) \geq 0 \Rightarrow B \geq P,$$

$B, P$  – нечіткі числа.

Використовуючи характеристику  $H_+(B)$ , можна описати окремо кожне нечітке число.  $H_+(B)$  враховує як розташування максимуму функції належності, так і його значення, однак не враховує ширини інтервалу  $[B^0; B^+]$ , а це суттєво під час порівняння таких функцій, як  $\mu_1(x)$  і  $\mu_2(x)$  (рис. 2).

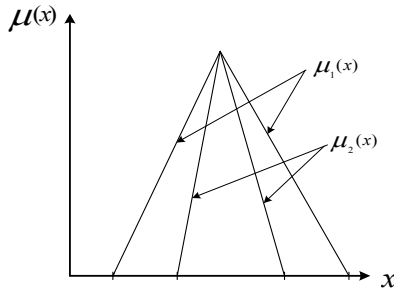


Рис. 2. Приклад належності

Очевидно, що функція  $\mu_2(x)$  переважає. Тому доцільно ввести додаткову характеристику:

$$H_-(B) = \int_0^1 \left( \frac{\theta^+ - \theta^0}{2} \right) d\alpha. \tag{5}$$

Тоді порівняння нечітких чисел проводиться по  $H_+(B)$ . У випадку збіжності перевага надається числу з меншим  $H_-(B)$ . Розв’язанням задачі буде шлях від “істока” до “стока”, з максимальною пропускнуою можливістю. Роль пропускових можливостей виконує  $H_+(\dot{i}_{t_1}, \dot{j}_{t_2})$ , з врахуванням значень  $H_-(\dot{j}_{t_2}, \dot{j}_{t_2})$ , що приписуються кожній дузі графа (рис. 1).

Нехай  $\pi_{sp}^\tau$  – шлях від „істока” до „стока” ( $\tau = \overline{1, R}$ ), для якого

$$H(\pi_{sp}^\tau) = \min(H_+^\tau(s_{i_1}), \dots, H_+^\tau(j_{T p})), \tag{6}$$

Тоді розв'язанням задачі буде такий шлях  $\pi_{sp}^\tau (\tau = \overline{1, R})$ , що

$$H(\pi_{sp}^\tau) \rightarrow \max. \quad (6')$$

Якщо при розв'язанні задачі отримано декілька варіантів розташування джерел сил і засобів для вибору методів і засобів аналізу та управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об'єктів охорони, то вибираємо той, якому відповідає менший обсяг “заморожених” засобів (рис. 3).

Наприклад, застосуємо методику для розв'язання наступної задачі. Для початку розглянемо детермінований випадок, де  $i = 1$  відповідає випадку, коли не “будується” джерело сил і засобів для вибору методів і засобів аналізу й управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об'єктів охорони, а  $i = 2$ , коли “будується” джерело сил і засобів для вибору методів і засобів аналізу і управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об'єктів охорони (рис. 4).



Рис. 3. Алгоритм розв'язання задачі

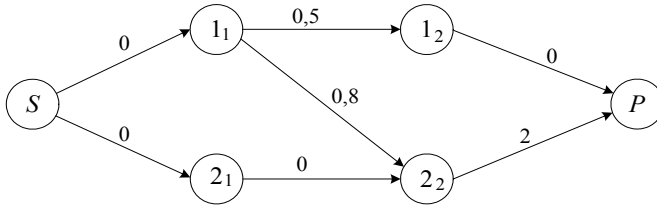


Рис. 4. Графічна модель задачі розташування джерел сил і засобів

“Побудова” об’єкта для вибору методів і засобів аналізу й управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об’єктів охорони ведеться у два етапи. Дугам, що входять у вершини  $i_p$ , приписується ступінь незадоволення “споживачів” у силах і засобах для вибору методів і засобів аналізу та управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об’єктів охорони. Дугам, що входять у “сток”, приписуються “капітальні” витрати. Для простоти розглядається однокритеріальна задача.

Перевагу необхідно віддати варіанту, коли на першому етапі не “будується” джерело сил і засобів для вибору методів і засобів аналізу й управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об’єктів охорони, а на другому “будується”, оскільки в іншому випадку, буде високий ступінь незадоволення “споживачів” у силах і засобах для виконання завдань забезпечення базового рівня безпеки об’єктів охорони.

**Висновки.** Побудована математична модель задачі розташування джерел сил і засобів для вибору методів і засобів аналізу й управління ризиками під час забезпечення базового рівня безпеки об’єктів охорони; розглянуто варіант розв’язання такої задачі.

Перспективою в цьому напрямку є розгляд впливу закономірностей (зв’язків) критеріїв обмеження для динамічного програмування, яке спростить вирішення задач таких типів.

### Список використаної літератури

1. Убайдуллаєв Ю. Н. Математична модель задач планування забезпечення живучості захисних споруд / Ю. Н. Убайдуллаєв, В. В. Олійник,



В. А. Ясько // Захист населення і території у надзвичайних ситуаціях : матеріали науково-практичної конференції (26 жовтня 2006 р.). – Харків : Університет цивільного захисту України, 2006. – С. 53.

2. Убайдуллаєв Ю. Н. Розташування джерел сил і засобів виконання основних завдань інженерного забезпечення ліквідації наслідків техногенних катастроф підрозділами МНС при взаємопов'язаних критеріях ефективності / Ю. Н. Убайдуллаєв, В. А. Ясько // Проблеми зниження ризику виникнення надзвичайних ситуацій в Україні : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (11–12 жовтня 2006 р.). – К. : Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки, 2006. – С. 172–175.

3. Убайдуллаєв Ю. Н. Варіант побудови військової інформаційної системи управління Сухопутними військами / Ю. Н. Убайдуллаєв, О. А. Сорва, В. А. Ясько // Сухопутні війська ЗС України у XXI столітті: Матеріали науково-практичної конференції (23 листопада 2006 р.). – Харків : Харківський інститут танкових військ НТУ “ХПІ”, 2006. – С. 34–38.

4. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д. А. Поспелова. – М. : Наука, 1986. – 312 с.

5. Беллман Р. Принятие решений в расплывчатых условиях / Р. Беллман, Л. Заде // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М. : Мир, 1976. – С. 172–215.

6. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Г. В. Меркурьева и др. – М. : Радио и связь, 1989. – 304 с.

*Рецензент – кандидат військових наук, доцент Ментус І. Е.*

*Стаття надійшла до редакції 20.05.2016*

**Ясько В. А., Осадчий А. Н., Ясько А. В. Модель постановки задачі розміщення сил і средств для аналізу і управління ризиками во время обеспечения базового уровня безопасности объектов охраны в условиях неопределенности исходных данных и нештатных ситуаций**

Задачі по аналізу і управленню ризиками во время обеспечения базового уровня безопасности объектов охраны на сьогоднішній день являються очень актуальними. Однак більше количество переменных, нелинейность характеристик действий, наличие различных требований, возможность возникновения нештатных

ситуаций, а также неопределенность исходных данных, позволяет отнести такие задачи к сложному классу задач.

В статье рассмотрен порядок построения математической модели задачи размещения источников сил и средств по анализу и управлению рисками во время обеспечения базового уровня безопасности объектов охраны, а также рассмотрен вариант решения такой задачи.

**Ключевые слова:** *неопределенность, риск, управленческое решение, анализ риска, оценка риска, управление рисками, модель управления риском.*

*Jasko V. A., Osadchy A. N., Jasko A. V.* **The model formulation of the problem of placing of forces and means for the analysis and management of risk while ensuring a basic level of safety of objects of protection in the conditions of uncertainty of initial data and unusual situations**

Task analysis and risk management while providing a basic level of safety of objects of protection today are very relevant. However, a large number of variables, not the linearity characteristics of the action, the availability of different requirements, the possibility of occurrence of emergency situations and the uncertainty of the initial data, allows to include such tasks, to complex class of problems.

However, a systemic solution to such challenges is at the planning stage and haven't found a solution in the theoretical and practical studies. The complexity of their solutions increases, if we consider the system planning, choice of methods and means of analysis and risk management while providing a basic level of safety of objects of protection in the conditions of emergency situations. The real solution to such problems is possible only with the help of the developed models and methods of system planning, based on the use of fuzzy subformula a priori information about variables, parameters, and system components perform the tasks of ensuring a basic level of safety of objects of protection.

In the article a mathematical model of the problem of locating the sources of forces and means for selecting methods and tools for risk analysis and management while providing a basic level of safety of objects of protection, as well as the solutions for this problem.

The prospect in this direction is to consider the effect of regularities (relations) criteria constraints to dynamic programming which will simplify the solution of these types of tasks.

**Keywords:** *uncertainty, risk, management decision, risk analysis, risk assessment, risk management, model risk management.*