

УДК 351.862.1

Оптимізація сил цивільного захисту для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій

Автор: Хіврич О. В., к.військ.н. Володченкова Н. В. Національний університет харчових технологій. м. Київ.

На відзнаку від існуючих методик обґрунтування сил цивільного захисту певної структури, методика, що пропонується спрямована на формування угруповання відповідних сил, структура якого максимально пристосована до виконання завдань з ліквідації наслідків будь якої надзвичайної ситуації в конкретному акті застосування, що є оптимальною по критерію максимуму цільової ефективності сил.

Ключові слова: цивільний захист, ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій, оптимізація, ефективність управління, децентралізація управління, раціональний розподіл різномірних сил.

In commemoration of the existing methods study civil defense forces a orhshtatnoyi structure methodology proposed is aimed at forming groups of the forces, whose structure is most suited to the tasks in the aftermath of any emergency situation in a particular application of the act, which is optimal on the criterion of maximum target effectiveness of forces.

Keywords: Civil protection, disaster, optimization, performance management, decentralization of management, rational allocation of diverse forces

Для математичного формулювання задачі оптимізації сил цивільного захисту при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій необхідно визначити математичний вигляд цільової функції (лінійна чи нелінійна), вигляд обмежень, обрати математичний метод вирішення задачі, провести дослідження методу на предмет його збіжності відносно отриманого результату.

Відомо, що для формулювання задачі оптимізації сил цивільного захисту при ліквідації наслідків будь якої надзвичайної ситуації необхідно виконати дві умови. Перша – це побудова цільової функції, друга – побудова функцій обмежень (їх може бути одна або декілька). Далі, в залежності від виду цільової функції та функцій обмежень, обирається метод вирішення. [1, 2].

Зміст задачі – оптимізація (мінімізація) складу сил цивільного захисту, який зможе при цьому досягти потрібного ефекту за директивний час, за рахунок раціонального розподілу відповідних сил та засобів.[1, 3].

Акт застосування сил при ліквідації наслідків будь-якої надзвичайної ситуації полягає у виконанні сукупності різномірних завдань щодо досягнення мети:

$$Z = \langle z_j, j = \overline{1, n} \rangle .$$

Сили мають розрахункові одиниці (р.о.) різних спеціалізацій:

$$R = \langle r_i, i = \overline{1, n} \rangle,$$

які мають „питому” продуктивність створення ефекту по кожному завданню:

$$P = \| p_{ij} \|_{m \times n}.$$

Завдання мають пріоритети

$$C = \langle c_j, j = \overline{1, n} \rangle.$$

як важливості щодо мети ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

Планом розподілу сил по завданнях є матриця:

$$XS = \| x_{ij} \|_{m \times n}, \quad (1)$$

де x_{ij} – кількість р.о. i – го типу, що призначаються на j – те завдання.

Вважаємо, що ефект по j - му завданню є:

$$W_j(X_{ij}) = C_j \left\{ 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_{ij})^{x_{ij}} \right\}, j = \overline{1, n}.$$

Тоді сумарний ефект щодо виконання завдань:

$$WS(X) = \sum_{j=1}^n W_j(X_{ij}, i = \overline{1, m}) = \sum_{j=1}^n C_j \left\{ 1 - \prod_{i=1}^m (1 - p_{ij})^{x_{ij}} \right\}.$$

Витрати (склад) сил по видах складуть:

$$NS = \left\langle \left(N_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} \right), i = \overline{1, m} \right\rangle.$$

Планом дій (сценарієм) є матриця:

$$SS = \| s_{ij} \|_{m \times n}, \quad (2)$$

де s_{ij} – дії (заходи) сил X_{ij} .

Вектор – стовпчик матриці (2):

$$S_j = \begin{pmatrix} s_{1j} \\ s_{ij} \\ s_{mj} \end{pmatrix}, j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

дає сукупність заходів (дій) сил:

$$X_j = \begin{pmatrix} X_{1j} \\ X_{ij} \\ X_{mj} \end{pmatrix}, j = \overline{1, n}, \quad (4)$$

що уявляють собою процес щодо виконання завдання Z_j .

Моделлю процесу (3) і (4) є сітьовий граф $G_j = \{G, H\}_j, j = \overline{1, n}$, що має дуги G та інциденті до них вершини H , причому вершина h_0 з дугами, що з неї виходять є початковим станом процесу, вершина h_k із дугами, що до неї заходять є кінцевим станом процесу, а інші вершини h є проміжними станами процесу, коли скінчаються заходи, що представляються вершинами, заходять та починаються заходи, що представляються дугами, що виходять з вершини h . Очевидно, розрахункові одиниці ресурсів (підрозділи) мають спеціалізації згідно змісту заходів, що складають процес – (G) .

Розглянемо процес з діями, що має певний обсяг заходів та призначені на них ресурси (рис. 1). Тут індекси ресурсу – x_{kl} , де k, l – інциденті до заходу a_{kl} вершини; спочатку це x_{ij} .

Очевидно, обсяг a_{kl} буде виконаний ресурсом x_{kl} , що має продуктивність a_{kl} , за деякий час τ_{kl} , який визначається інтегральним рівнянням:

$$A_{kl} = \int_0^{\tau_{kl}} a_{kl}(x_{kl}, t) \cdot dt \quad (5)$$

Якщо вважати, що $a_{kl}(x_{kl}, t) \approx a_{kl}(1) \cdot x_{kl}$, то (5) буде мати вигляд:

$$A_{kl} \approx a_{kl}(1) \cdot x_{kl} \cdot \tau_{kl} \quad (6)$$

де $a_{kl}(1)$ – нормативна продуктивність одного р.о.

Приведемо (6) до вигляду:

$$\alpha_{kl} = \frac{A_{kl}}{a_{kl}(1)} \equiv (x_{kl} \cdot \tau_{kl}) \quad (7)$$

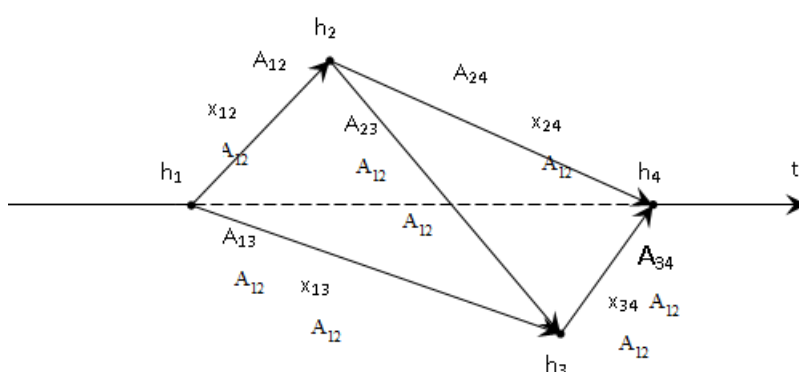


Рис. 1. Сітьовий граф процесу застосування сил цивільного захисту по діям на об'єктах при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

Таким чином, трудомісткість заходу a_{kl} повинна бути рівною трудовитратам $(x_{kl} \cdot \tau_{kl})$ щодо виконання завдання.

Очевидно, для даного виду роботи (з обсягом A_i) продуктивність одного р.о. $a_{kl}(1)$ буде “нормативною”, тобто константою. Тоді при виконанні j – го заходу буде справедливою залежність між потрібним складом р.о. ресурсів та часом виконання роботи, як це витікає із (7):

$$X_{kl} = \frac{\alpha_{kl}}{\tau_{kl}}; \quad (8)$$

$$\tau_{kl} = \frac{\alpha_{kl}}{X_{kl}}; \quad (9)$$

Залежності (8), (9) є гіперболами з параметром a_{kl} .

Потужність системи в акті застосування є темпом зростання системного ефекту [2, 4]:

$$bm(t) = \frac{dWS(t)}{dt} \approx \left(\frac{\Delta WS}{\Delta t} \right). \quad (10)$$

Середня потужність за час дій:

$$BM = \frac{WS}{TS};$$

Представимо (10) у вигляді

$$bm(t) = \frac{dWS(t)}{dt} = \left(\frac{\partial WS}{\partial r} \right) \left(\frac{dr}{dt} \right) = b(t)a(t),$$

де $b(t) = \frac{\partial WS}{\partial r}$ є продуктивністю ресурсів, які витрачаються (засобів) по створенню системного ефекту, а $a(t) = \frac{dr}{dt}$ є продуктивністю ресурсів, які не витрачаються (сил) по перетворенню ресурсів, які витрачаються у системний ефект.

Таким чином, накопичення системного ефекту у часі – $W(t) = \int_0^t b(t)a(t)dt$, а за час акту застосування – $WS = W(TS) = \int_0^{TS} b(t)a(t)dt$.

Витрати потенціалу «здатності» за цей же час:

$$RS = r(TS) = \int_0^{TS} a(t)dt, \quad (11)$$

бо саме темп витрачання ресурсів, що перетворюються у системний ефект – $a(t)$ – визначає ці втрати. Очевидно,

$$a(t) \cong a(1)(NS),$$

де $a(1)$ – нормативна продуктивність одного р.о. сил NS .

Тоді вираз (11) прийме вигляд

$$RS = \int_0^{TS} a(1)NS dt \approx a(1)(NS \cdot TS).$$

Очевидно, на RS зменшиться потенціал здатності щодо виконання відповідних завдань за час TS :

$$BS(t=TS) = BS(t=0) - \int_0^{TS} a(t)dt = BS(t=0) - RS(t=TS).$$

Тут $BS(t=TS)$ – решта потенціалу здатності щодо виконання відповідних завдань після акту застосування. Ефективність системи цивільного захисту в акті застосування складе [2, 4]:

$$ES = \frac{WS}{RS} = \frac{WS}{a(1)(NS \cdot TS)} \quad (12)$$

У виразі (12) ефект WS визначений рівнем «захисту» (відвернених збитків) сил $WS^{\text{потр}}$, час застосування $TS^{\text{дир}}$ визначається планом дій сил цивільного захисту – об'єкту захисту, а (1) – нормативна продуктивність однієї р.о. системи цивільного захисту по створенню ефекту, яку можна не враховувати серед показників, які є змінними.

Таким чином, ефективність системи цивільного захисту при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації оцінюється співвідношенням:

$$ES = \frac{WS^{\text{номп}}}{NS \cdot TS^{\text{дир}}} \frac{[\text{од. ефекту}]}{[\text{од. сил}][\text{од. часу}]}.$$

Підвищити ефективність слід зменшенням складу сил NS , який зможе при цьому досягти потрібного ефекту за директивний час, тобто

$$\uparrow ES \Rightarrow \frac{WS^{\text{номп}}}{\downarrow NS \cdot TS^{\text{дир}}}.$$

Висновки: Таким чином запропонований методичний апарат дозволяє обґрунтувати кількість сил цивільного захисту структура якого максимально пристосована до виконання завдань з ліквідації наслідків будь якої надзвичайної ситуації в конкретному акті застосування, що є оптимальною по критерію максимуму цільової ефективності сил.

Список літератури:

1. Nils Aschenbruck, Elmar Gerhards-Padilla, Peter Martini Modeling mobility in disaster area scenarios. *Performance Evaluation*, Volume 66, Issue 12, December 2009, Pages 773-790.
2. Alexander Fekete Safety and security target levels: Opportunities and challenges for risk management and risk communication *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Volume 2, December 2012, Pages 67-76.
3. Акоф Р., Сасиени М. Основы исследования операций. – М. : Мир, 1971. – 534 с.
4. Барабаш Ю. Л. Основы теории оценивания эффективности сложных систем. – К. : НАОУ, 1999. – 39 с.
5. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Экспертные оценки. – М. : Наука, 1973. – 156 с.
6. Вентцель Е. С. Исследование операций. – М. : Сов. радио, 1972. – 551 с.
7. Вентцель Е. С. Теория вероятности. – М. : Наука, 1969. – 576 с.