



УДК 514.18

МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Соболь О. М., д.т.н.

Національний університет цивільного захисту України,

Тел. (068) 962-81-39

Мацулевич О. Є., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет,

Тел. (097) 260-43-74

Анотація – в роботі наведено постановку задачі та розроблено модель визначення оптимальної кількості та місць розташування пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів. Показано підхід до формалізації обмежень задачі.

Ключові слова: постановка задачі та модель, оптимальна кількість, пожежно-рятувальний підрозділ.

Постановка проблеми. На теперішній час загроза природно-техногенних катастроф постійно зростає. За останні 30 років кількість руйнівних стихійних лих і техногенних аварій, екологічних катастроф, які спричинили матеріальні збитки вищі за 1% річного валового продукту, збільшилась більше ніж у чотири рази.

Метою природно-техногенної сфери національної безпеки нашої держави є захист людини, суспільства та держави в цілому від природних і техногенних катастроф, а її завдання - зниження ризику виникнення надзвичайних ситуацій (НС), захист та життєзабезпечення населення і територій, термінове і своєчасне реагування на надзвичайні ситуації та ліквідація їх наслідків. Одним із важливих завдань у сфері цивільного захисту населення і територій є забезпечення ефективного реагування на надзвичайні ситуації на об'єктах підвищеної небезпеки (ОПН) та потенційно небезпечних об'єктах (ПНО), оскільки дані НС можуть мати катастрофічні наслідки. Особливо це стосується ОПН та ПНО, які розташовані у сільській місцевості, оскільки час прибуття пожежно-рятувальних підрозділів на місце НС може сягати до 1 годи-



ни. Більш того, не завжди може бути своєчасно реалізований відповідний номер виклику у випадку аварії на ОПН та ПНО. В зв'язку з цим, існує актуальна проблема підвищення ефективності реагування на НС (зокрема, пожежі), що можуть виникнути на об'єктах підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктах.

Аналіз останніх досліджень. Відповідно до [1], об'єкт підвищеної небезпеки – це об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру. Також в [1] розглянуті питання ідентифікації ОПН, декларації безпеки, розробки плану локалізації і ліквідації аварій на ОПН тощо. Питання ідентифікації, паспортизації та моніторингу ПНО визначені в [2-4]. Разом з тим, на сьогоднішній день дослідження щодо забезпечення ефективного реагування на НС, що можуть виникнути на ОПН та ПНО (особливо у сільській місцевості) не проводились.

Формулювання цілей статті (постановка задачі). Метою даної роботи є побудова моделі оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів.

Основна частина. Розглянемо постановку даної задачі. Нехай задано область S_0 , в якій знаходяться об'єкти підвищеної небезпеки та потенційно небезпечні об'єкти S_d , $d = 1, \dots, D$. Область S_0 може бути задана у вигляді багатокутника у власній системі координат. Об'єкти підвищеної небезпеки та потенційно небезпечні об'єкти являють собою точки, положення яких визначаються в системі координат об'єкта S_0 . Область S_0 має об'єкти заборони L_ξ , $\xi = 1, \dots, L$, в яких неприпустимо розміщувати пожежно-рятувальні підрозділи. Необхідно покрити область S_0 мінімальною кількістю районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів P_i , $i = 1, \dots, N$ (дані райони являють собою багатокутники зі змінними метричними характеристиками), так, щоб виконувались наступні обмеження:

- мінімум площі перетину районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів;
- належність районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів області S_0 ;
- мінімум площі перетину районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів з областями заборони L_ξ , $\xi = 1, \dots, L$;



- належність об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів S_d , $d = 1, \dots, D$, області перетину M_d районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів, що забезпечують реагування на аварію (пожежу) на ОПН або ПНО відповідно до номеру виклику;

- час прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до найвіддаленішої точки району виїзду P_i , $i = 1, \dots, N$, має не перевищувати заданого T^* ;

- розміщення пожежно-рятувальних підрозділів здійснюється у населених пунктах, де кількість населення перевищує задане значення C^* .

Очевидно, що дана задача являє собою задачу оптимального покриття області S_0 геометричними об'єктами зі змінними метричними характеристиками P_i , $i = 1, \dots, N$, з урахуванням «центрів тяжіння» S_d , $d = 1, \dots, D$.

Модель оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки, може бути записана за допомогою модифікованої ω - функції покриття:

$$u^* = \arg \min_{u \in W} N(u); u = \{m_i; v_i\}; i = 1, \dots, N; \quad (1)$$

де W :

$$\omega \left(\begin{matrix} m_N, m_0, v_N, v_0 \\ \bigcup_{i=1}^N P_i, \bigcup_{i=1}^N P_i \end{matrix} \right) = S^0; \quad (2)$$

$$\omega(m_i, m_j, v_i, v_j) \rightarrow \min; \quad (3)$$

$$i = 1, \dots, N; j = i + 1, \dots, N;$$

$$\omega(m_i, m_{cS_0}, v_i, v_{cS_0}) \rightarrow \min; \quad (4)$$

$$i = 1, \dots, N; S_0 \cup cS_0 = R^2;$$

$$\omega(m_i, m_\xi, v_i, v_\xi) \rightarrow \min; \quad (5)$$

$$i = 1, \dots, N; \xi = 1, \dots, L;$$



$$S_d \in \bigcap_{k=1}^{M_d} P_k'; d=1, \dots, D; P_k' \in \{P_i\}, i=1, \dots, N; \quad (6)$$

$$T(P_i) \leq T^*; i=1, \dots, N; \quad (7)$$

$$C(v_i) \geq C^*; i=1, \dots, N. \quad (8)$$

В моделі (1)÷(8) вираз (1) являє собою цільову функцію задачі, при цьому m_i - метричні характеристики об'єктів P_i , $i=1, \dots, N$ (наприклад, координати вершин багатокутників в локальній системі координат), v_i - параметри розміщення об'єктів P_i (положення локальної системи координат i -го об'єкта в глобальній системі координат) [5]; вираз (2) являє собою умову покриття всієї області S_0 , m_N і $\bigcup_{i=1}^N P_i$

v_N , відповідно, метричні характеристики та параметри розміщення $\bigcup_{i=1}^N P_i$

об'єкта $\bigcup_{i=1}^N P_i$, m_0 і v_0 - метричні характеристики і параметри розмі-

щення області S_0 , S^0 - площа об'єкта S_0 ; вираз (3) – умова мінімуму взаємного перетину об'єктів P_i та P_j ; вираз (4) – умова мінімуму перетину об'єктів P_i з доповненням області S_0 до евклідового простору R^2 ;

вираз (5) – умова мінімуму взаємного перетину об'єктів P_i з областями заборони L_ξ , $\xi=1, \dots, L$; вираз (6) – умова належності

об'єктів S_d , $d=1, \dots, D$, області перетину об'єктів P_k' , що належать множині об'єктів P_i ; вираз (7) – умова щодо припустимого часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику; вираз (8) – умова розміщення пожежно-рятувальних підрозділів у відповідних населених пунктах.

Слід відзначити, що аналіз об'єкту захисту S_0 разом з об'єктами S_d , $d=1, \dots, D$, дозволить конкретизувати модель (1)÷(8). Дослідження особливостей зазначеної математичної моделі дозволить побудувати область припустимих розв'язків задачі оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту ОПН та ПНО, а також розробити обґрунтований метод розв'язання даної задачі.

Що стосується аналітичного подання обмежень (2)÷(5), то воно може бути здійснено за допомогою наступної функції [6]:

$$\omega_{\Omega} = \begin{cases} \frac{1}{2} \left[x_{2,1} \cdot (y_{2,n} - y_{2,2}) + \sum_{i=2}^{n-1} x_{2,i} \cdot (y_{2,i-1} - y_{2,i+1}) + \right. \\ \left. + x_{2,n} \cdot (y_{2,n-1} - y_{2,1}) \right], \text{ при } S_1 \cap S_2 = S_2; \\ \frac{1}{2} \left[x_{A_1} \cdot (y_{n_{A_p}}^{A_p} - y_1^{A_1}) + \dots + x_{n_{A_1}}^{A_1} \cdot (y_{n_{A_1}-1}^{A_1} - y_{A_2}) + \right. \\ \left. + x_{A_2} \cdot (y_{n_{A_1}}^{A_1} - y_1^{A_2}) + \dots \right. \\ \left. + x_{n_{A_p}}^{A_p} \cdot (y_{n_{A_p}-1}^{A_p} - y_{A_1}) \right], \text{ при } S_1 \cap S_2 \neq \emptyset; \\ 0, \text{ при } S_1 \cap S_2 = \emptyset. \end{cases} \quad (9)$$

Геометрична інтерпретація виразу (9) наведена на рис. 1

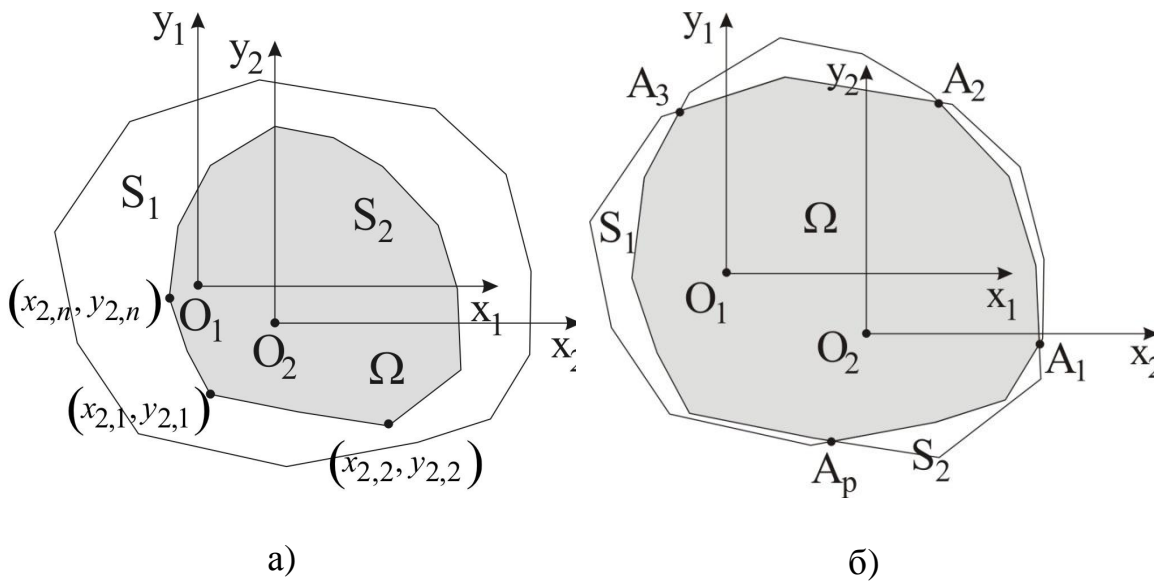


Рис. 1. Геометрична інтерпретація ω -функції покриття

Висновки. В даній роботі здійснено постановку та розроблено модель оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів. Показано, що дана задача відноситься до класу задач оптимізаційного геометричного проектування, а саме, до задач оптимального покриття заданих об'єктів з урахуванням «центрів тяжіння». Подальші дослідження будуть спрямовані на аналіз області припустимих розв'язків та розробку метода розв'язання даної задачі.

*Література*

1. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки».
2. Наказ МНС України від 23.02.2006 р. №98 «Про затвердження Методики ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів».
3. Наказ МНС України від 18.12.2000 р. №338 «Про затвердження Положення про паспортизацію потенційно небезпечних об'єктів».
4. Наказ МНС України від 06.11.2003 р. №425 «Про затвердження Положення про моніторинг потенційно небезпечних об'єктів».
5. *Стоян Ю.Г.* Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования / *Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев.* – К.: Наукова думка, 1986. – 268 с.
6. *Собина В.О.* Раціональне покриття заданих областей геометричними об'єктами зі змінними метричними характеристиками: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка» / *В.О. Собина.* – Мелітополь, 2012. – 22 с.

**МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ
ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ
И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ**

А.Н. Соболев, А.Е. Мацулевич

Аннотація – в роботі приведена постановка задачі, а також розроблена модель визначення оптимального кількості і місць розміщення пожежно-спасательних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки і потенційно небезпечних об'єктів. Показано підхід до формалізації обмежень задачі.

**MODEL OF OPTIMUM PLACEMENT FIRE AND RESCUE
SERVICES FOR HIGH-RISK AND POTENTIALLY
DANGEROUS OBJECTS PROTECTION**

O. Sobol, O. Matsulevych

Summary

In this paper the problem statement and the model of definition optimum number and placement fire and rescue services for high-risk and potentially dangerous objects protection are considered. Approach to formalization restrictions of the problem is shown.