

УДК 355.40

О.В. Заліван, В.Ф. Заїка, І.А. Таран

РАЦІОНАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ ЗАСОБІВ ВИЯВЛЕННЯ ТА ВОГНЕВОГО УРАЖЕННЯ МІЖ ОБ'ЄКТАМИ НА ПОЛІ БОЮ

Запропонована методика раціонального розподілу засобів виявлення та вогневого ураження між об'єктами на полі бою для підвищення ефективності вогневого ураження об'єктів.

Ключові слова: раціональний розподіл, об'єкт, вогневе ураження.

Постановка завдання та аналіз літератури

Реалії сьогодення вимагають підвищення ефективності вогневого ураження об'єктів на полі бою. Можливими шляхами підвищення ефективності вогневого ураження є модернізація існуючих і розробка нових засобів вогневого ураження та засобів виявлення об'єктів, проте можливі й інші, більш економічно доцільні на сьогоdnішньому етапі розвитку ЗС України шляхи, одним з яких є раціональний розподіл засобів вогневого ураження та виявлення між об'єктами ураження. Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що запропоновані до цього часу методики та алгоритми раціонального розподілу засобів направлені або на підвищення ефективності виявлення об'єктів без урахування можливостей щодо їх подальшого вогневого ураження, або ж на підвищення ефективності вогневого ураження об'єктів без урахування впливу ефективності їх виявлення відповідними засобами. Із цього визначається мета статті.

Мета статті – розробка методики раціонального розподілу засобів виявлення та вогневого ураження між об'єктами на полі бою.

Основний матеріал

Відомі кількість наявних засобів виявлення I та засобів вогневого ураження V , кількість об'єктів J та показник їх важливості W_j , ймовірність виконання завдань виявлення та вогневого ураження об'єктів відповідними засобами $p = \|p_{ij}\|_{IJ}$, $q = \|q_{vj}\|_{VJ}$, $i = 1 \dots I$, $j = 1 \dots J$, $v = 1 \dots V$. Також вважаємо, що кожний засіб виявлення та кожний засіб вогневого ураження одночасно виконує лише одне завдання. Необхідно розподілити наявні засоби виявлення та вогневого ураження між об'єктами для досягнення максимального ступеня їх ураження.

Як цільову доцільно вибрати функцію математичного сподівання сумарного показника важливос-

ті уражених об'єктів, що розраховується як

$$M_{\text{уражW}} = \sum_{j=1}^J W_j P_j Q_j = \sum_{j=1}^J W_j \left(1 - \prod_{i=1}^I (1 - p_{ij})^{\delta_{ij}} \right) \left(1 - \prod_{v=1}^V (1 - q_{vj})^{\chi_{vj}} \right), \quad (1)$$

де δ_{ij} – ij -й елемент матриці розподілу засобів виявлення Θ , який дорівнює 1, якщо i -й засіб залучається до виявлення j -го об'єкта, та 0 – у протилежному випадку;

χ_{vj} – vj -й елемент матриці розподілу засобів вогневого ураження Φ , який дорівнює 1, якщо v -й засіб залучається до ураження j -го об'єкта, та 0 – у протилежному випадку;

$P_j = \left(1 - \prod_{i=1}^I (1 - p_{ij})^{\delta_{ij}} \right)$ – ймовірність виявлення j -го об'єкта;

$Q_j = \left(1 - \prod_{v=1}^V (1 - q_{vj})^{\chi_{vj}} \right)$ – ймовірність ураження j -го об'єкта.

Необхідно знайти такі реалізації матриць розподілу засобів $\Theta = \|\delta_{ij}\|_{IJ}$ та $\Phi = \|\chi_{vj}\|_{VJ}$, щоб цільова функція (1) набувала максимального значення.

Обмеження, що накладаються на змінні, такі:

$$\sum_{j=1}^J \delta_{ij} = 1; \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^J \chi_{vj} = 1; \quad (3)$$

$$\delta_{ij}; \chi_{vj} \in \{1; 0\}; \quad (4)$$

$$i = 1 \dots I; v = 1 \dots V; j = 1 \dots J.$$

Задача знаходження оптимальних матриць Θ та Φ (оптимального плану розподілу засобів) для до-

сягнення максимуму функції (1) при обмеженнях (2) – (4) є типовою задачею математичного програмування [1, 2]. Для її розв'язання запропоновано використання методу двох функцій [3].

Сутність цього методу при розв'язанні вказаної задачі буде полягати в наступному.

Процес знаходження оптимального плану є багатокроковим процесом. На кожному t -му кроці для кожного з об'єктів та для кожного з засобів виявлення та ураження, не призначених до поточного кроку, проводиться розрахунок функції виграшу $F_{ivj}^{(t)+}$ та програшу $F_{ivj}^{(t)-}$ від призначення i -го засобу виявлення та v -го засобу вогневого ураження для j -го об'єкта.

Функція виграшу є значенням цільової функції (1) на t -му кроці за рахунок призначення i_t -го засобу виявлення та v_t -го засобу вогневого ураження для j_t -го об'єкта. Функція програшу є значенням цільової функції (1) на t -му кроці за рахунок неможливості призначення i_t -го засобу виявлення та v_t -го засобу вогневого ураження для інших об'єктів (крім j_t -го). Для розрахунку зручно застосовувати матриці призначень засобів виявлення $\Theta^{(t)+}$ та $\Theta^{(t)-}$, які мають такий вигляд:

на нульовому кроці (до призначення засобів)

$$\Theta^{(0)+} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \Theta^{(0)-} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix};$$

на першому кроці

$$\Theta^{(1)+} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \Theta^{(1)-} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix};$$

на другому кроці

$$\Theta^{(2)+} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \Theta^{(2)-} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

і т.д.

Аналогічним чином вводяться матриці призначень засобів вогневого ураження $\Phi^{(t)+}$ та $\Phi^{(t)-}$.

Приріст функції виграшу на t -му кроці за рахунок пробного призначення i -го засобу виявлення та v -го засобу вогневого ураження для j -го об'єкта складає

$$\Delta_{ivj}^{(t)+} = (F_{ivj}^{(t)+} - F_{ivj}^{(t-1)+}),$$

а від'ємний приріст функції програшу –

$$\Delta_{ivj}^{(t)-} = (F_{ivj}^{(t)-} - F_{ivj}^{(t-1)-}).$$

Призначення j_t -го об'єкта, i_t -го засобу виявлення та v_t -го засобу вогневого ураження відбувається, виходячи з умови максимізації на поточному кроці алгебраїчної суми приростів функцій виграшу та програшу

$$\Delta_{i_t v_t j_t} = \max_{\substack{i=1\dots I \\ v=1\dots V \\ j=1\dots V \\ i \in I^{(t)} \\ v \in V^{(t)}}} (\Delta_{ivj}^{(t)+} + \Delta_{ivj}^{(t)-}), \quad (5)$$

де $I^{(t)}$ – множина не призначених до t -го кроку засобів виявлення;

$V^{(t)}$ – множина не призначених до t -го кроку засобів вогневого ураження.

Таким чином, методика розподілу засобів виявлення та вогневого ураження може бути описана так:

1) з використанням цільової функції (1) та матриць призначення $\Theta^{(t)+}$, $\Theta^{(t)-}$, $\Phi^{(t)+}$, $\Phi^{(t)-}$ на поточному t -му кроці проводимо розрахунок функцій виграшу $F^{(t)+}$ та програшу $F^{(t)-}$ для кожного з можливих варіантів призначення засобів виявлення та вогневого ураження, що не призначені до t -го кроку, і кожного з наявних об'єктів;

2) для всіх варіантів призначення засобів розраховуємо функцію приросту $\Delta_{ivj}^{(t)}$ як алгебраїчну суму приростів функцій виграшу та програшу:

$$\Delta_{ivj}^{(t)} = (\Delta_{ivj}^{(t)+} + \Delta_{ivj}^{(t)-});$$

3) визначаємо j_t -й об'єкт, i_t -й засіб виявлення та v_t -й засіб вогневого ураження, виходячи з умови (5);

4) перевіряємо виконання умови: чи всі засоби призначені? При її невиконанні переходимо до наступного кроку.

З застосуванням запропонованої методики проведені розрахунки для таких вихідних даних:

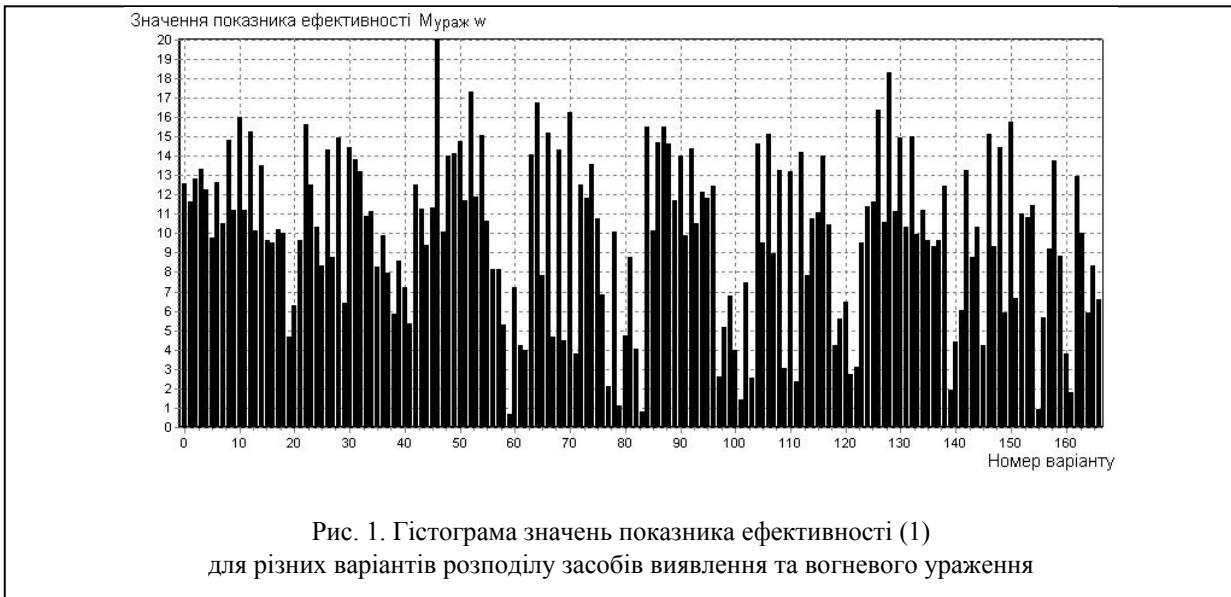
$$J = 4; \quad I = 6; \quad V = 6; \quad W = (10,0, 8,0, 6,0, 2,0);$$

$$p = \begin{pmatrix} 0,4 & 0,4 & 0,2 & 0,5 \\ 0,9 & 0,2 & 0,8 & 0,9 \\ 0,9 & 0,6 & 0,1 & 0,9 \\ 0,5 & 0,1 & 0,4 & 0,7 \\ 0,8 & 0,1 & 0,6 & 0,9 \\ 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 \end{pmatrix}; \quad q = \begin{pmatrix} 0,4 & 0,4 & 0,2 & 0,5 \\ 0,8 & 0,7 & 0,6 & 0,4 \\ 0,5 & 0,2 & 0,4 & 0,7 \\ 0,6 & 0,6 & 0,8 & 0,3 \\ 0,8 & 0,2 & 0,8 & 0,2 \\ 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 \end{pmatrix}.$$

У результаті розрахунків отримані такі результати:

$M_{\text{ураж}W} = 20,04$;

вих, спираю-



$$\Theta = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad \Phi = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Для визначення можливого діапазону зміни цільової функції та оцінки ефективності методики були проведені розрахунки значення цільової функції для різних реалізацій матриць розподілу Θ та Φ . На рис. 1 наведена гістограма значень показника ефективності для різних варіантів розподілу засобів виявлення та ураження, серед яких є і раціональний. Гістограма отримана шляхом перебирання можливих варіантів.

Аналіз гістограми показує, що використання запропонованої методики дозволяє побудувати раціональний план розподілу засобів виявлення та вогневого ураження, а також вказує на те, що використання нераціональних варіантів розподілу засобів виявлення та вогневого ураження може привести до зниження ефективності їх використання в декілька разів та зриву виконання поставлених задач.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Проведені дослідження дозволяють зробити висновки про те, що для прийняття найкращого рішення, яке дозволить найбільш ефективно використати наявні засоби виявлення та вогневого ураження, командир повинен швидко вибрати раціональний варіант з великої кількості можли-

чих на знання бойових можливостей об'єктів ураження та можливостей наявних засобів виявлення й ураження. При цьому, внаслідок великого обсягу варіантів розподілу засобів та великої кількості вхідних даних, можливо прийняття неправильного, нераціонального рішення, що може привести до значного зниження ефективності вогневого ураження об'єктів супротивника. Розроблена методика дозволяє автоматизувати процес розподілу засобів виявлення та вогневого ураження між об'єктами, що надає командирю можливість прийняття раціонального рішення і в цілому підвищить ефективність застосування військ.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на врахування ймовірності безперебійного передавання інформації про виявлені об'єкти до засобів вогневого ураження, що в даній роботі не висвітлено.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Деордица Ю.С., Нефедов Ю.М. Исследование операций в планировании и управлении. – К.: Вища школа, 1991. – 270 с.
2. Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. – М.: Наука, 1969. – 368 с.
3. Берзин Е.А. Оптимальное распределение ресурсов и элементы синтеза систем. – М.: Сов. радио, 1974. – 304 с.

Надійшла 24.04.2006

Рецензент: д-р військ. наук професор Г.А. Дробаха, Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба.